

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΠΜΣ: ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Η διαλεκτική έννοια της ανάδυσης (emergence) στη Σύγχρονη Επιστήμη

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Καποδίστριας Αναστάσιος (ΑΜ: 217404)

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Σκορδούλης



ΑΘΗΝΑ 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη 4

1. Εισαγωγή: Η διαλεκτική σήμερα 6

2. Τι είναι διαλεκτική: 12

A) Η διαλεκτική στην αρχαιότητα 12

B) Η μεταφυσική μέθοδος 15

Γ) Η διαλεκτική του 19^{ου} αιώνα 16

3. Ανάδυση (Emergence) 30

A) Ορισμός και Ιστορικές Απαρχές 30

B) Οι κατηγορίες ανάδυσης 32

Γ) Οντολογική ή Επιστημολογική: 35

Δ) Ανάδυση και διαλεκτική 41

4. Ανάδυση στη Σύγχρονη Επιστήμη 44

A) Θεωρία της Εστιγμένης Ισοροπίας (Punctuated Equilibrium) 45

B) Ιστορική Ενδεχομενικότητα στην Επιστήμη 58

Γ) Θεωρία του Χάους 67

5. Συζήτηση – Συμπεράσματα 80

Βιβλιογραφία 84

Περίληψη

Η παρούσα εργασία ερευνά την αλληλεπίδραση ανάμεσα στη Μαρξιστική διαλεκτική και τα ευρήματα της σύγχρονης επιστήμης. Μια ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας των τελευταίων δεκαετιών μας δείχνει πως υπάρχει μια τάση ανάμεσα σε μαρξιστές επιστήμονες και φιλόσοφους της επιστήμης, είτε να αποδείξουν πως οι σύγχρονες επιστημονικές θεωρίες επιβεβαιώνουν τη διαλεκτική, είτε να προτείνουν εναλλακτικές, διαλεκτικές ερμηνείες τους. Η μελέτη μας εστιάζει στην αντίστροφη κατεύθυνση αυτής της σχέσης, στην ανάδειξη του τρόπου με τον οποίο η σύγχρονη επιστήμη εμπλουτίζει τη διαλεκτική. Για το σκοπό αυτό, αναφερόμαστε σε τρεις θεωρίες του 20^{ου} αιώνα στην εξελικτική βιολογία, την ιστορία των θετικών επιστημών και τα μη γραμμικά δυναμικά συστήματα, και στη σχέση τους με την έννοια της ανάδυσης. Τελικά, εξερευνούμε τους τρόπους με τους οποίους η έννοια της ανάδυσης εμπλουτίζει το διαλεκτικό τρόπο σκέψης.

Abstract

The present essay researches the correlation between Marxist dialectics and the findings of contemporary science. A review of the relevant bibliography of the last decades indicates that there are trends between Marxist scientists and philosophers of science, to either prove that contemporary scientific theories provide evidence for the validity of dialectics or propose alternative, dialectical interpretations. Our study focuses on the opposite direction of this relationship, as we're attempting to showcase how contemporary science can enrich dialectics. For this purpose, we're reviewing three contemporary theories on evolutionary biology, history of science and non linear dynamics and their relationship with the notion of emergence. Finally, we explore the ways in which the notion of emergence enriches the dialectical way of thinking.



1.Εισαγωγή: Η διαλεκτική σήμερα (20^{ος} – 21^{ος} αιώνας)

Ο διαλεκτικός τρόπος σκέψης θεμελιώθηκε κατά το 19^ο αιώνα, αρχικά από τον Χέγκελ και έπειτα από τους Μαρξ και Ένγκελς και ένα μεγάλο μέρος της θεμελίωσης του αποτέλεσε η εξερεύνηση της σχέσης του με τις φυσικές επιστήμες. Στα κλασσικά έργα της διαλεκτικής, συναντάμε ένα πλήθος προσεγγίσεων των επιστημονικών ανακαλύψεων εκείνης της εποχής μέσα από τους νόμους της διαλεκτικής, οι οποίες αποτελούν και την αποδεικτική βάση της ισχύος των νόμων αυτών. Άλλωστε, για τους Μαρξ και Ένγκελς ο διαλεκτικός υλισμός ήταν μια επιστημονική φιλοσοφία και η συμβατότητα του με τις διαδικασίες της φύσης και τις επιστημονικές θεωρίες της εποχής τους, ήταν βασικό ζητούμενο για το έργο τους. Σήμερα, στον 21^ο αιώνα, ένα βασικό ερώτημα που προκύπτει, είναι πως εξελίσσεται αυτός ο διαλεκτικός τρόπος σκέψης, πως έχει επηρεαστεί από τις πιο σύγχρονες επιστημονικές ανακαλύψεις, και εάν αποτελεί ακόμα ένα ρεύμα σκέψης ανάμεσα στην επιστημονική κοινότητα. Παρακάτω λοιπόν θα δούμε πιο αναλυτικά πως έχει εξελιχθεί αυτή η σχέση από τον 20^ο αιώνα μέχρι σήμερα.

Μεγάλο κομμάτι της συζήτησης γύρω από τη διαλεκτική ερμηνεία των φυσικών επιστημών αφορά η διαπάλη για την ερμηνεία της κβαντομηχανικής. Αρχικά συναντάμε τους σοβιετικούς επιστήμονες, που προσπαθώντας να ερμηνεύσουν την κβαντομηχανική στα πλαίσια του διαλεκτικού υλισμού, πρότειναν διαφορετικές προσεγγίσεις της κβαντομηχανικής, από την κυρίαρχη της Σχολής της Κοπεγχάγης. Κυριότερες ερμηνείες ήταν αυτή του *Blokhintsev*, που αντιτασσόταν στα ζητήματα της απροσδιοριστίας και της συμπληρωματικότητας, και πρότεινε μια στατιστική ερμηνεία της κβαντομηχανικής, και του *Fock*, που υποστηρίζει μεν την κυρίαρχη ερμηνεία και τη συμπληρωματικότητα του Bohr, αλλά θεωρεί πως αυτές συμφωνούν με το διαλεκτικό υλισμό.

Ακόμα, χαρακτηριστική είναι η προσπάθεια της ρεαλιστικής ερμηνείας του *David Bohm* το 1951, βασισμένης στο διαλεκτικό υλισμό (*Forstner, 2005*) αλλά και η αντίστοιχη ερμηνεία του *Leon Rosenfeld*, που βρισκόταν στο κέντρο των εξελίξεων της κβαντικής φυσικής. Η μαρξιστική εκδοχή της κβαντομηχανικής του Rosenfeld αναλύεται από την A.S. Jacobsen στα έργα της *Leon Rosenfeld's Marxist defense of Complementarity (2007)* και *Leon Rosenfeld: Physics, Philosophy and politics (2012)*.

Επίσης, έχουμε το βιβλίο του *M.E. Omelyanovsky* με τίτλο *Dialectics in Modern Physics* (1979), στο οποίο ασχολείται με γνωσιοθεωρητικά ζητήματα της μοντέρνας φυσικής και το άρθρο του Ευτύχη Μπιτσάκη στο περιοδικό *Nature, Society and Thought*, με τίτλο *Complementarity: Dialectics or Formal Logic?* (2002).

Πέρα από τη φιλοσοφική διαπάλη πάνω στα θέματα της κβαντικής μηχανικής, οι διαλεκτικές προσεγγίσεις της επιστήμης στον εικοστό αιώνα συναντώνται στα έργα και άλλων επιστημόνων, κυρίως μαρξιστών, που προσπαθούν να ερμηνεύσουν την σύγχρονη επιστήμη και να εμπλουτίσουν τη διαλεκτική, τόσο ως γνωσιοθεωρία, όσο και ως οντολογία, αλλά και ως πρακτική (*Kovel, 1998*).

Ο Bertell Olmann, στο άρθρο του *Why Dialectics? Why Now?* (1998), σκιαγραφεί τη μαρξιστική διαλεκτική ως μια μέθοδο εξέτασης της πραγματικότητας που δίνει βάση στην συσχέτιση των φαινομένων, τη σύνδεση μεταξύ τους ως στοιχεία ενός οργανικού συνόλου και τελικά τη μελέτη της *δυναμικότητας* (*potentiality*) τους, δηλαδή της μελλοντικής ανάπτυξης τους με βάση την σχέση τους με το σύστημα στο οποίο ανήκουν στο παρόν. Η μαρξιστική διαλεκτική μέθοδος, για τον Olmann, χωρίζεται σε 4 βήματα:

➤ «Αναζητά τα τις σχέσεις ανάμεσα στα βασικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος στο σήμερα, όπως τις σχέσεις ανάμεσα στα βασικά χαρακτηριστικά της καπιταλιστικής κοινωνίας.»

➤ «Αναζητά τις απαραίτητες συνθήκες διαμόρφωσης αυτών των σχέσεων στο παρελθόν, θέτοντας τις ως σημείο εκκίνησης μιας κίνησης που οδηγεί στη διαμόρφωση τους στο σήμερα.»

➤ «Προβάλλει τις εγγενείς, εσωτερικές διαδικασίες ανάπτυξης, αναδιατυπωμένες ως αντιφάσεις, από το παρελθόν στο παρόν και στο μέλλον, στο οποίο τοποθετεί την λύση αυτών των αντιφάσεων»

➤ «Αντιστρέφει τη διαδικασία και χρησιμοποιεί τα ανώτερα στάδια ανάπτυξης της κοινωνίας (σοσιαλισμός, κομμουνισμός), ως πλεονεκτική θέση για να επανεξετάσει το παρόν (καπιταλιστική κοινωνία) σαν ένα σύνολο απαραίτητων προϋποθέσεων που οδηγούν στο μέλλον.»¹

¹ Olmann, 1998, σ. 346.

Άλλο ένα σημείο στο οποίο αξίζει να σταθούμε στο άρθρο του Olmann, είναι η διάκριση έξι «στιγμών» στη διαλεκτική ερευνητική μέθοδο. Για εκείνον η διαλεκτική ξεκινά με μια οντολογική κατανόηση του κόσμου και των αλληλοεξαρτώμενων διαδικασιών που διαμορφώνουν το σύνολο του, συνεχίζεται ως επιστημολογία, δηλαδή ως ένας τρόπος οργάνωσης της σκέψης για να κατανοηθεί ο κόσμος, και έπειτα, μέσα από την έρευνα, την νοητική αναδόμηση και την έκθεση, καταλήγει στη διαλεκτική ως πρακτική. Την εικόνα της διαλεκτικής ως πρακτικής υποστηρίζει και ο Joel Kovel, λέγοντας πως η διαλεκτική είναι κάτι παραπάνω από ένα μεθοδολογικό εργαλείο, είναι μια πρακτική από την οποία προκύπτουν λογικοί κανόνες. Η πρακτική εδώ δίνεται σαν μια ενότητα θεωρίας και πράξης, σαν ένας τρόπος σκέψης που δεν αντανακλά απλώς την πραγματικότητα, αλλά αποτελεί συνειδητή επιλογή, μετασχηματιστική δραστηριότητα που βασίζεται σε μια συγκεκριμένη κοσμοθεωρία (Kovel, 1998).

Ο Richard Levins, στο άρθρο του *Dialectics and Systems Theory*(1998), ασκεί κριτική στη διεπιστημονική θεωρία συστημάτων, υποστηρίζοντας πως πρόκειται για μια προσπάθεια της αναγωγικής επιστημονικής παράδοσης να συμπορευτεί με τους όρους της πολυπλοκότητας, της μη γραμμικότητας και της συνεχούς αλλαγής μέσω ενός μαθηματικού φορμαλισμού, γεγονός που εμποδίζει μια πιο διαλεκτική κατανόηση του πεδίου της θεωρίας αυτής, δηλαδή της μελέτης της αλληλεξάρτησης μεταξύ των συστημάτων του φυσικού κόσμου, είτε αυτά είναι φυσικά συστήματα είτε είναι κοινωνικά. Θεωρεί πως η θεωρία συστημάτων, αν και μελετά την πολυπλοκότητα, λόγω του αυστηρού μαθηματικού της φορμαλισμού είναι τελικά περιοριστική και υποπίπτει στον αναγωγισμό (reductionism). Αγνοεί για παράδειγμα, τις μεταβλητές σε ένα σύνολο οι οποίες δεν είναι αυστηρά μαθηματικά καθορισμένες (ποσοτικά δεδομένα έναντι ποιοτικών) και έτσι περισσότερο φαίνεται να καταλήγει στην αναζήτηση μιας καλής προσέγγισης παρά μιας θεωρητικής κατανόησης. Η διαλεκτική απάντηση σε αυτό είναι η μελέτη της διαρκούς αλλαγής των συστημάτων, που δε λαμβάνει υπόψιν της μόνο τις μικρής διάρκειας αντιστρεπτές διαδικασίες, αλλά διαδικασίες συνεχώς εξελισσόμενες, οι οποίες δε μπορούν να περιγραφούν με μαθηματικά που προσφέρονται για τη μελέτη συστημάτων σταθερών καταστάσεων (steady-state systems).

Σημαντικό ρόλο στην εξερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στη διαλεκτική και την επιστήμη της εξελικτικής βιολογίας έχει παίξει το έργο του Stephen Jay Gould, ο οποίος μαζί με τον Niles Eldredge πρότειναν την θεωρία της *εστιγμένης ισορροπίας* ως την βασική εικόνα για την εξέλιξη των ειδών. Ο Gould είχε επίγνωση της επίδρασης του φιλοσοφικού υπόβαθρου στην επιστημονική κουλτούρα και πρακτική της εξελικτικής βιολογίας, και με τη θεωρία του προσπάθησε να αλλάξει αυτά τα δεδομένα, αναδεικνύοντας πως μέσα από μια διαφορετική φιλοσοφία μπορεί να δοθεί φως για την εξέλιξη θεωριών και πρακτικών. Σε άρθρο τους με τον Eldredge το 1977, ο Gould αναφέρεται στη μαρξιστική ιδεολογία και πως αυτή έχει επηρεάσει την επιστημονική του σκέψη (χαρακτηριστικά αναφέρει πως «έμαθε το μαρξισμό στα πόδια του πατέρα του») και αναγνωρίζει πως η εικόνα της εστιγμένης αλλαγής που προτείνει προέρχεται από τους διαλεκτικούς νόμους του Χέγκελ (*Gould & Eldredge, 1977*). Βλέπει επίσης τις διαφορές ανάμεσα σε παλαιοντολόγους και εξελικτικούς βιολόγους της δύσης και της πρώην ΕΣΣΔ, καθώς οι τελευταίοι είχαν ήδη από τη δεκαετία του '60 στρέψει το ενδιαφέρον τους στους μηχανισμούς που οδήγησαν στη θεωρία του Gould για την εστιγμένη ισορροπία. Προτείνει μάλιστα πως αυτό το κοσμοείδωλο, βασισμένο στη μαρξιστική επιστημολογία, μπορεί να λειτουργήσει επιδραστικά στις φυσικές επιστήμες ως μια γενικότερη φιλοσοφία της αλλαγής (*Gould & Eldredge, 1977*).

Στον τομέα της φιλοσοφίας της μη γραμμικής επιστήμης συναντούμε και άλλα έργα στοχαστών του 20^{ου} και 21^{ου} αιώνα, που υποστηρίζουν τη διαλεκτική προσέγγιση εννοιών που προκύπτουν από τη μελέτη μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων. Στο τεύχος 48 του *International Socialism*, το 1990, φιλοξενείται το άρθρο του *Paul McGarr* με τίτλο «*Order out of chaos*» στο οποίο γίνεται μια προσπάθεια να αποδειχτεί η συμβατότητα της Θεωρίας του Χάους με την *Διαλεκτική της Φύσης* του Ένγκελς, ενώ υποστηρίζει πως η μη γραμμική επιστήμη θέτει τα ίδια ερωτήματα που απασχολούσαν του Μαρξιστές φιλόσοφους. Βασική επιρροή εδώ είναι οι δουλειές του *Ilya Prigogine* για τη θεωρία του χάους και τις φιλοσοφικές της αρχές, ο οποίος στο δικό του έργο «*Order out of Chaos*», του 1984, υποστηρίζει πως «*Η φύση μπορεί να ονομαστεί ιστορική, δηλαδή ικανή για ανάπτυξη και ανανέωση. Η ιδέα της ιστορίας της φύσης σαν συστατικό μέρος του υλισμού προτάθηκε από τους*

Μαρξ και Ένγκελς. Οι σύγχρονες εξελίξεις στη φυσική έθεσαν στις φυσικές επιστήμες ερωτήματα που έβραζαν από πολύ καιρό οι υλιστές»².

Την πρώτη συστηματική μελέτη της θεωρίας του Χάους από μαρξιστική σκοπιά (Σκορδούλης, 1997) τη συναντάμε στο βιβλίο του *D. Bensaid*, «*Marx l'Intemprestif*», σε ένα από τα κεφάλαια του οποίου εξετάζει τη σχέση της θεωρίας αυτής με τη μαρξιστική φιλοσοφία. Επίσης, συναντάμε και το έργο του *Lucien Seve*, που ασχολείται με τα θέματα της πολυπλοκότητας και της διαλεκτικής στο έργο του, μαζί με τη βιολόγο *Janine Guespin Michel*, *Emergence, Complexity and Dialectics* (2005) και στο άρθρο του *The Dialectics of Emergence* (2008). Ειδικά στο δεύτερο, ασχολείται με μια διαλεκτική εξέταση της σχέσης μέρους – όλου, ορμώμενος από την έννοια της *ανάδυσης (emergence)*, δηλαδή της απότομης εμφάνισης ιδιοτήτων ενός συνόλου, που είναι διαφορετικές από αυτές των μερών που το αποτελούν. Το γενικότερο συμπέρασμα της εργασίας του, έπειτα από μια διαλεκτική προσέγγιση σε διάφορα φυσικά φαινόμενα, είναι πως αυτή η ανάδυση των νέων ιδιοτήτων προκύπτει από τις νέες σχέσεις που προκύπτουν ανάμεσα στα μέρη ενός συνόλου, όταν αυτό περνάει από μια ποιοτική αλλαγή. Επίσης, στη μελέτη μη γραμμικών φαινομένων, όπως οι διακλαδώσεις (bifurcations), το χάος, ή η αυτο-οργάνωση, ο Seve εντοπίζει την αναγκαιότητα μιας αποδιοργάνωσης ενός συνόλου για να προκύψει ένα νέο σύνολο, διαφορετικά οργανωμένο, με νέες ιδιότητες (Seve, 2008).

Μια πιο μαθηματικά φορμαλιστική εκδοχή διαλεκτικής προσέγγισης συναντάμε στην εργασία του *J. Barkley Rosser Jr*, *Aspect of Dialectics and Nonlinear Dynamics* (2000). Υποστηρίζει πως τα μη γραμμικά δυναμικά συστήματα προσφέρουν μια μαθηματική μοντελοποίηση της διαλεκτικής μεθόδου, θεωρώντας πως ειδικά οι νόμοι της ενότητας και πάλης των αντιθέτων και του περάσματος από την ποσότητα στην ποιότητα, εμφανίζονται πολύ χαρακτηριστικά στα μαθηματικά της θεωρίας του χάους και των θεωριών καταστροφής (catastrophe theories). Στηρίζει την άποψη του αυτή με την παράθεση λύσεων συγκεκριμένων μη γραμμικών συστημάτων που αφορούν την εξέλιξη πληθυσμών και τη λογιστική εξίσωση, και ερμηνεύει τα αποτελέσματα τους με βάση τους νόμους της διαλεκτικής, βρίσκοντας ένα βαθμό συμφωνίας. Παραπέρα, ο *Yiaozhi Ziang*, στα βιβλία του *Mathematical Foundation for Dialectical*

² Prigogine & Stengers, 1984, σ. 252-253.

Logic: An Introduction for Making Dialectical Logic Mathematically (2019) και *Dialectical Logic K-Model: A Mathematical Algorithm for Strong Artificial Intelligence (2019)*, προτείνει μια μαθηματική μοντελοποίηση της διαλεκτικής λογικής και υποστηρίζει τη χρήση της για την βελτίωση της τεχνητής νοημοσύνης. Κεντρικό ρόλο στο έργο του παίζει η έννοια της μεταβαλλόμενης κατάστασης (variant state) και των αντιφάσεων (contradictions).

Δεν είναι αναγκαίο βέβαια, ότι η προσπάθεια για μια μαθηματική εκδοχή των νόμων και των εννοιών της διαλεκτικής, αποκλείει και την ποιοτική ερμηνεία των φυσικών και κοινωνικών φαινομένων μέσα από τους νόμους της διαλεκτικής. Ο Levins (1998) παραθέτει εύστοχα τα οφέλη της διαλεκτικής μεθόδου, αναδεικνύοντας την αξία της διαλεκτικής στα βασικά στάδια της επιστημονικής προσέγγισης ενός πολύπλοκου συστήματος: από το αρχικό στάδιο της τοποθέτησης ενός ερευνητικού ερωτήματος, την επιλογή του κατάλληλου μαθηματικού φορμαλισμού και μοντελοποίησης ενός συστήματος, την ποιοτική ερμηνεία των αποτελεσμάτων, καθώς και την επίγνωση των γνωστικών ορίων του διαμορφωμένου μοντέλου και της πιθανότητας επικείμενης αλλαγής του.

Βλέπουμε λοιπόν, πως υπάρχει πλήθος βιβλιογραφίας, σε διάφορους επιστημονικούς τομείς, που δείχνει πως η διαλεκτική ερμηνεία των επιστημών αποτελεί έως και σήμερα ένα ζήτημα που απασχολεί την επιστημονική κοινότητα με διάφορους τρόπους (ειδικότερα τους μαρξιστές επιστήμονες αλλά όχι μόνο). Όπως είδαμε παραπάνω, πολλοί μαρξιστές επιστήμονες εστιάζουν στο ζήτημα της συμβατότητας της διαλεκτικής και του μαρξισμού με τις σύγχρονες επιστημονικές θεωρίες, σαν ένα κριτήριο οντολογικής εγκυρότητας θεωριών. Άλλοι, προσπαθούν να αποδείξουν πως οι σύγχρονες επιστημονικές ανακαλύψεις συμφωνούν με τη μαρξιστική διαλεκτική, και άλλοι προσπαθούν να προτείνουν πιθανές διαλεκτικές προσεγγίσεις στις ήδη υπάρχουσες θεωρίες. Ακόμα, όπως θα δούμε, κάποιοι αναγνωρίζουν και προτείνουν τη διαλεκτική ως ένα εναλλακτικό φιλοσοφικό υπόβαθρο για τη θεμελίωση και την ανάπτυξη των θεωριών τους. Κοινό στοιχείο σε όλες τις προσεγγίσεις αυτές, παραμένει μια σχέση καθορισμού των φυσικών επιστημών από τη διαλεκτική. Στόχος μας, στην παρούσα εργασία είναι να εξετάσουμε το αντίστροφο: Πως έχει εμπλουτιστεί ο διαλεκτικός τρόπος σκέψης από τις σύγχρονες επιστημονικές ανακαλύψεις;

2. Τι είναι διαλεκτική;

A) Η διαλεκτική στην αρχαιότητα

Η διαλεκτική, είναι μια θεωρητική κατηγορία που κάνει την εμφάνιση της σχεδόν από τις απαρχές της ανάπτυξης της φιλοσοφικής σκέψης των λαών. Από την αρχαιότητα έως σήμερα, εμφανίζεται στις φιλοσοφίες διάφορων πολιτισμών σε παγκόσμια κλίμακα, και φυσικά η έννοια της διακατέχεται από ιστορικότητα, καθώς εμπλουτίζεται και εξελίσσεται ανάλογα με τις εκάστοτε ιστορικές συνθήκες. Μπορεί να μην υπάρχει σαφής και περιεκτικός ορισμός για το οντολογικό ερώτημα *τι είναι διαλεκτική*, υπάρχουν ωστόσο πολλοί εκφραστές σε όλη την ιστορική διαδρομή της φιλοσοφίας, οι προσεγγίσεις των οποίων μας βοηθούν να κατανοήσουμε τι σημαίνει διαλεκτική θεώρηση του κόσμου και διαλεκτικός τρόπος σκέψης. Από τους Αρχαίους Κινέζους και Έλληνες φιλοσόφους, το Χέγκελ, τους Μαρξ και Ένγκελς και τους Μαρξιστές του 20ου αιώνα, η διαλεκτική έχει αλλάξει μορφή, και πλέον είναι αναπόσπαστο κομμάτι μιας επιστημονικής φιλοσοφίας, του διαλεκτικού υλισμού, της οποίας αποτελεί το βασικό γνωσιοθεωρητικό εργαλείο.

Ξεκινώντας από την αρχαία κινεζική φιλοσοφία, συναντάμε το κλασσικό έργο **Tao Te Ching** (4ος π.Χ. αιώνας) στο οποίο θεμελιώνεται η φιλοσοφία του Νταοϊσμού. Σύμφωνα με τη φιλοσοφία του Νταοϊσμού, ο κόσμος ερμηνεύεται σε πλήρως υλική βάση, με την χρήση της έννοιας των Τσι, που συμβολίζουν αυτή την υλικότητα όλων των φαινομένων, τα οποία εξελίσσονται με φυσικό τρόπο, κάτι που αποκρυσταλλώνεται στην έννοια του Ντάο. Εδώ τίθενται και οι βάσεις της διαλεκτικής στην αρχαία κινεζική φιλοσοφία, καθώς το Ντάο, η ανάπτυξη των φυσικών φαινομένων, εμπεριέχει μέσα του αντίθετα, σε μια ενότητα: Το "είναι" συνυπάρχει με το "μη είναι", το "παλιό" αντικαθίσταται από το "καινούριο", το "μικρό" αναπτύσσεται σε "μεγάλο" και "όλα τα φαινόμενα κλείνουν μέσα τους τα αντίθετα -iv- και -γιαν- και "η ενότητα αυτή των αντιθέτων δημιουργεί την αρμονία" (Φ.Β. Κονσταντίνοφ κ.α., 1959/2010).

Στην Ευρώπη τώρα, έχουμε την εμφάνιση της διαλεκτικής στην αρχαία ελληνική

φιλοσοφία, αρχικά με μια έννοια που προκύπτει από την ετυμολογική ανάλυση της λέξης: διάλεκτος και διάλογος. Εδώ έχουμε μια έννοια της διαλεκτικής που δεν εμπεριέχει μεθοδολογία ή κάποιους λογικούς κανόνες, αλλά, όπως εμφανίζεται στα έργα του Παρμενίωνα, του Ξένονα και αργότερα του Σωκράτη, του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη, σημαίνει μια αναζήτηση νομοτελειών του κόσμου, μια προσπάθεια κατανόησης του κόσμου με βάση το διάλογο και την αντιπαράθεση. Η ανάπτυξη της διαλεκτικής με αυτή την έννοια στην Αρχαία Ελλάδα, που έχει ως αντικείμενο αναζήτησης τις νομοτέλειες του φυσικού κόσμου, γίνεται σε συγκεκριμένες κοινωνικό-ιστορικές συνθήκες της δουλοκτητικής κοινωνίας της Αρχαίας Ελλάδας, με βασικό χαρακτηριστικό το ότι το πλεόνασμα στην παραγωγή κατανεμόταν με τέτοιο τρόπο ώστε *«ο καταμερισμός της εργασίας επέτρεπε την ανάπτυξη της αυτόνομης φιλοσοφικής σκέψης και την ανάπτυξη αμοιβαίως αναγνωρισμένων ατόμων που δούλευαν συλλογικά με αυτό το σκοπό»* (Hussey 1972, ο.α. σε Kovel, 1998).

Πάνω σε αυτή τη βάση, στην Αρχαία Ελλάδα, αναπτύχθηκε μια θεώρηση του κόσμου που τη συναντάμε υπό τον όρο *"αυθόρμητη διαλεκτική των Αρχαίων Ελλήνων"* (Κονσταντίνοφ et al., 2010). Βασικό χαρακτηριστικό της θεώρησης αυτής είναι ότι ο φυσικός κόσμος δεν είναι στατικός, αλλά υπόκειται σε συνεχείς αλλαγές και εξέλιξη. Στην αναζήτηση των αρχαίων υλιστών (Θαλής, Αναξίμανδρος, Αναξίμανης), οι κοσμικές αλλαγές οφείλονται στην αέναη κίνηση συγκεκριμένων υλικών "αρχών" (π.χ. το νερό, ο αέρας, το άπειρο), που συνεχώς μετασχηματίζονται. Στον αντίποδα βέβαια, υπήρχαν οι ιδεαλιστές φιλόσοφοι, με πιο σημαντικούς τον Σωκράτη και τον μαθητή του, Πλάτωνα, οι οποίοι δεν υιοθετούσαν τη μεθοδολογία των υλιστών στον τρόπο με τον οποίο μελετούσαν τη φύση, ωστόσο ανέπτυξαν μια πρωταρχικά διαλεκτική προσέγγιση στον κόσμο των εννοιών. Η διαλεκτική του Πλάτωνα και του Σωκράτη, σημαίνει αφενός *ερώτηση* και αφετέρου *απάντηση* για τη λύση των φιλοσοφικών προβλημάτων. Η απάντηση έρχεται μέσα από την αντιπαράθεση αντιθέτων εννοιών, η οποία οδηγεί τελικά στη γνώση.

Η πιο εμφανής σύνδεση αυτού του υλισμού των αρχαίων με τον "αυθόρμητα" διαλεκτικό τρόπο σκέψης και θεώρησης του κόσμου, συναντάται στο έργο του Ηρακλείτου, τέλη του 6ου και αρχές του 5ου π.Χ. αιώνα. Ο Ηράκλειτος αφενός απέρριπτε την δημιουργία του κόσμου από κάποιον θεό και θεωρούσε ότι υπάρχει αιώνια. Η βάση όλων των φαινομένων για εκείνων, είναι η υλική "αρχή" της φωτιάς, στο νομοτελειακό άναμμα και το σβήσιμο της οπίας οφείλονται όλες οι αλλαγές και

οι κοσμικές διαδικασίες. Η πιο γνωστή του διδασκαλία, την οποία ο Ένγκελς χαρακτήριζε "*αρχέγονη, αφελή, αλλά σωστή*" (Ένγκελς, 2014) είναι πως "*τα πάντα ρει*", δηλαδή τίποτα δεν είναι σταθερό, όλα κινούνται και όλη η φύση είναι "ένα ποτάμι στο οποίο δε μπορούμε να μπούμε δύο φορές". Ο Ηράκλειτος, σαν θεμελιωτής της διαλεκτικής, δίδασκε πως στη φύση τα φαινόμενα διαδέχονται συνεχώς το ένα το άλλο και μάλιστα αυτό γίνεται με το πέρασμα από μια ποιότητα στην αντίθετη της: το κρύο διαδέχεται το ζεστό, το μεγάλο το μικρό, το στερεό το υγρό κλπ. Την διαδικασία αυτή ο Ηράκλειτος την αντιλαμβάνεται σαν πάλη των αντιθέτων, την οποία ονομάζει καθολικό λόγο, δηλαδή νομοτέλεια της φύσης.

Την ιδέα της αιώνιας κίνησης και της άπειρης ύλης τη συναντάμε και στους ατομικούς φιλοσόφους Λεύκιππο και Δημόκριτο. Στα έργα τους συναντάμε την έννοια του ατόμου, δηλαδή της βασικής, αδιαίρετης μονάδας οργάνωσης της ύλης, το οποίο μπορεί να συνδυάζεται με άλλα άτομα σε διαφορετικές θέσεις και με διαφορετική σειρά και να μας δίνει την ποικιλομορφία των σωμάτων που παρατηρούμε στη φύση. Ο Λεύκιππος ήταν ο θεμελιωτής της ατομικής θεωρίας στην Αρχαία Ελλάδα, ενώ ο Δημόκριτος αναφερόταν στην κίνηση των ατόμων, που τη χαρακτήριζε ως αιώνια. Κατ' επέκταση, για τον Δημόκριτο, όλο το Σύμπαν είναι επίσης αιώνιο και άπειρο. Αυτό που τον διαφοροποιεί από τον Ηράκλειτο είναι ότι η κίνηση, για εκείνον δε στηρίζεται στην πάλη των αντιθέτων, αλλά στη μηχανιστική μετατόπιση, ένωση και χωρισμό των ατόμων.

Η ντετερμινιστική αυτή άποψη του Δημόκριτου, αναπτύχθηκε παραπέρα από τον Επίκουρο (341-270 π.Χ.) και τον Λουκρήτιο (99-55 π.Χ.). Οι δύο αυτοί στοχαστές ανέπτυξαν την ιδέα ότι η κίνηση των ατόμων δεν υπακούει μόνο στη βαρύτητα (τα άτομα πέφτουν προς τα κάτω) αλλά έχει και τη δυνατότητα να παρεκκλίνει προς άλλες κατευθύνσεις. Έτσι, στο δικό τους κοσμοείδωλο, η κίνηση της ύλης είχε την πηγή της μέσα στην ίδια την ύλη, σε αντίθεση με το Δημόκριτο, που την απέδιδε σε κάποιον εξωτερικό παράγοντα. Η εικασία αυτή του Επίκουρου και του Λουκρητίου, ήταν μια διαλεκτική εικασία (Κονσταντίνοφ et al., 2010).

Τέλος, δε θα μπορούσαμε να μην αναφερθούμε στον Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.), το έργο του οποίου είναι ίσως το βασικότερο θεμέλιο της πρώτης προσπάθειας για επιστημονική προσέγγιση της πραγματικότητας, όπως αυτή εκφράστηκε στην αρχαία ελληνική φιλοσοφία. Το πρωτοποριακό στοιχείο της φιλοσοφικής σκέψης του

Αριστοτέλη ήταν ότι προσπάθησε να κατανοήσει τις διάφορες φιλοσοφικές κατηγορίες σε μία σχέση μεταξύ τους, και όχι απομονωμένα τη μία με την άλλη. Έτσι για παράδειγμα, θεώρησε πρωταρχική την έννοια της *ουσίας* ενώ άλλες έννοιες όπως ποσότητα, ποιότητα, χρόνος, τις θεώρησε διευκρινιστικές ως προς την ουσία των πραγμάτων. Και για εκείνον, η ουσία των πραγμάτων δεν βρίσκεται στις πλατωνικές «ιδέες» που στέκονται πάνω από αυτά, αλλά βρίσκεται μέσα στα ίδια τα πράγματα, και για αυτό η φιλοσοφία του αφορά τη μελέτη των φυσικών φαινομένων και όχι του κόσμου των ιδεών. Περαιτέρω διαλεκτικές προσεγγίσεις του Αριστοτέλη συναντάμε και στην αντιπαράθεση του γενικού με το ειδικό, την ενότητα ύλης και μορφής, δυνατότητας και πραγματικότητας.

B) Η μεταφυσική μέθοδος του 17^{ου}-18^{ου} αιώνα

Ιδιαίτερα σημαντική περίοδος για την ανάπτυξη της φιλοσοφίας ήταν η εποχή της Αναγέννησης και του Διαφωτισμού, η οποία χαρακτηρίζεται από το φεουδαρχικό τρόπο οργάνωσης της παραγωγής. Την περίοδο εκείνη, η βάση κάθε τομέα της πνευματικής ζωής, και το σύνολο της κοινωνικής συνείδησης, ήταν η θρησκεία. Η εκκλησία, όντας και η ίδια ιδιοκτήτρια μεγάλων κομματιών γης (φέουδων), έπαιζε πρωταρχικό ρόλο σε κάθε παράγωγο του πνευματικού κόσμου, και μέσα σε αυτά ανήκαν φυσικά η επιστήμη και η φιλοσοφία, που έπρεπε να ρυθμίζονται ώστε να συμφωνούν με τις διδασκαλίες της. Χαρακτηριστικό της εποχής εκείνης είναι πως ο κλήρος ήταν η μόνη μορφωμένη τάξη.

Ωστόσο, η συνεχής ανάπτυξη των παραγωγικών δυνάμεων στη φεουδαρχική κοινωνία, και μια σειρά από πρωτοπόρες ανακαλύψεις στον τομέα των αγορών (ανακάλυψη της Αμερικής, ο αποικισμός, οι ανταλλαγές με τις αποικίες, οι αγορές των Ανατολικών Ινδιών, της Κίνας), οδήγησαν στην περαιτέρω ανάπτυξη της βιομηχανίας και σε νέες επιστημονικές ανακαλύψεις. Κεντρικό ρόλο σε αυτές τις εξελίξεις παίζει η ολοένα και πιο ισχυρή αστική τάξη, ως φορέας των νέων, καπιταλιστικών σχέσεων παραγωγής, που βλέπει τη φεουδαρχία πλέον σαν εμπόδιο στις παραγωγικές δυνατότητες της εποχής και κατά συνέπεια, αμφισβητεί και την εξουσία της στον πνευματικό χώρο. Οι νέες εξελίξεις στην επιστήμη δημιούργησαν την ανάγκη να ξεπεραστεί η θρησκευτική κοσμοθεωρία των μεσαιωνικών χρόνων, και η φιλοσοφία να στραφεί σε πιο υλιστικά, μηχανιστικά μονοπάτια. Την τάση αυτή της φιλοσοφίας τη συναντάμε σε μια σειρά από έργα επιστημόνων και φιλοσόφων

της εποχής.

Γ) Η διαλεκτική του 19^{ου} αιώνα

Η απαρχή των διαλεκτικών τάσεων στη σύγχρονη ιστορία των επιστημών εντοπίζεται στα τέλη του 18^{ου} και κυρίως στον 19^ο αιώνα, μια εποχή που χαρακτηρίζεται από τις αστικές επαναστάσεις σε Γαλλία (1789-1794) και Ολλανδία, τη βιομηχανική επανάσταση στην Αγγλία, οι οποίες είχαν ήδη πραγματοποιηθεί. Οι βασικότεροι εκπρόσωποι της διαλεκτικής μεθόδου συναντώνται στην γερμανική κλασική φιλοσοφία, η οποία ήταν μια χώρα «οικονομικά και πολιτικά καθυστερημένη» (Κονσταντίνοφ *et al.*, 2010), σε σχέση με τις παραπάνω, όμως και αυτή προετοίμαζε την αστική της επανάσταση. Σύμφωνα με τον Ένγκελς, μάλιστα, η φιλοσοφική επανάσταση στη Γερμανία εκείνη την εποχή «προετοίμασε την πολιτική κατάρρευση» (Ένγκελς, 1971). Η ανάπτυξη της σύγχρονης διαλεκτικής το 19^ο αιώνα, προέκυψε σαν αναγκαιότητα με βάση τις ιδιαίτερες κοινωνικές συνθήκες που διαμορφώνει ο νεοσύστατος κεφαλαιοκρατικός τρόπος παραγωγής, όμως δε θα μπορούσε να έχει συμβεί αν παράλληλα δεν υπήρχαν σοβαρές εξελίξεις στον επιστημονικό χώρο, και λειτούργησαν καταλυτικά στην θεμελίωση του διαλεκτικού τρόπου σκέψης.

Τον 19^ο αιώνα ξεκινάει σύμφωνα με τον Ilya Prigogine, η εποχή της *Επιστήμης του Πολύπλοκου*, με την μαθηματική περιγραφή της μετάδοσης της θερμότητας στα στερεά από τον **Fourier** το 1811, όταν για πρώτη φορά έχουμε τη διατύπωση ενός μαθηματικά αυστηρού νόμου που δε βασίζεται στη Νευτώνεια δυναμική (Prigogine & Stengers, 1984). Η «Επιστήμη της Θερμότητας», δηλαδή η Θερμοδυναμική, δημιουργεί ένα νέο επιστημονικό παράδειγμα, καθώς δεν περιγράφει ένα φυσικό σύστημα με βάση τον ντετερμινιστικό καθορισμό των μεταβλητών (π.χ. ταχύτητα, θέση) των σωμάτων που το αποτελούν, αλλά με βάση μακροσκοπικά μεγέθη (πίεση, όγκος, θερμοκρασία) και τις οριακές συνθήκες που περιγράφουν τη σχέση του συστήματος με το περιβάλλον του. Πρόκειται για μια νέα Φυσική που συσχετίζει τη *μηχανική, θερμική και χημική δράση* και στοχεύει στο να προβλέψει πως θα εξελιχθεί ένα σύστημα που δεν είναι απομονωμένο, αλλά υπόκειται σε εξωτερικές αλλαγές.

Επίσης σημαντικό ρόλο στην ανάγκη διαμόρφωσης ενός νέου τρόπου σκέψης, έπαιξαν και επιστημονικές ανακαλύψεις του 19^{ου} αιώνα που συνέδεσαν διάφορους τομείς της φυσικής μεταξύ τους, και με τους πιο «παραδοσιακούς» τομείς όπως η μηχανική. Εκείνη την περίοδο αναπτύσσεται η ιδέα πως η κίνηση δεν σημαίνει απλώς αλλαγή της σχετικής θέσης των σωμάτων στο χώρο, αλλά αφορά και άλλους κλάδους της φυσικής (ηλεκτρισμό, μαγνητισμό). Οι ανακαλύψεις αυτές οδήγησαν τον **Joule** να διατυπώσει την αρχή της *μετατροπής*. Ο Joule προσπάθησε να ορίσει ένα γενικευμένο ανάλογο της διατήρησης της ενέργειας στη μηχανική, αλλά για όλες τις φυσικοχημικές διεργασίες, κι έτσι κατέληξε στη γενικότερη μετατροπή της ενέργειας. Χάρη σε αυτή τη σύλληψη του , για πρώτη φορά επιτεύχθηκε η μέτρηση της διατηρούμενης αυτής ποσότητας, μετρώντας το μηχανικό έργο που χρειάζεται για να ανέβει η θερμοκρασία μιας συγκεκριμένης ποσότητας νερού κατά ένα βαθμό.

Η διατήρηση και η μετατροπή της ενέργειας ήρθε για να συνενώσει τις ανακαλύψεις στους διάφορους τομείς της Φυσικής και να θεμελιώσει το πέρασμα από την απομονωμένη, στατική μελέτη του φυσικού κόσμου, σε μια επιστήμη που μελετά τον αλληλοσυσχετισμό των φυσικών διεργασιών στην κίνηση και την ανάπτυξη τους.

Σε αυτό το κλίμα των αστικών επαναστάσεων και των μεγάλων επιστημονικών ανακαλύψεων στην Ευρώπη, λοιπόν, διάφοροι πρωτοπόροι των φυσικών επιστημών, της κοινωνιολογίας και της φιλοσοφίας έβαλαν τις βάσεις ώστε να ξεπεραστεί ο μεταφυσικός τρόπος σκέψης. Βασική ιδέα τους ήταν η ανάπτυξη τόσο της φύσης όσο και της κοινωνίας, μιας και οι ευρύτερες κοινωνικές αλλαγές της περιόδου αποδείκνυαν ότι η κοινωνία είναι μεταβλητή και υπόκεινται και η ίδια σε ένα εξελικτικό προτσές. Αυτή η βασική ιδέα άλλαξε και τον χαρακτήρα της φιλοσοφίας, καθώς οι πιο προοδευτικοί στοχαστές εκείνης της εποχής είχαν ήδη ξεκινήσει να επεξεργάζονται τη διαλεκτική , στα πλαίσια μιας κριτικής αναθεώρησης της μεταφυσικής μεθόδου που χαρακτήριζε τις φυσικές επιστήμες του 17^{ου}-18^{ου} αιώνα, όπως είδαμε. Όπως αναφέρει ο Ένγκελς: «...Απ' την άλλη μεριά, η Κλασική Γερμανική Φιλοσοφία γνωρίζει τώρα στο εξωτερικό ενός είδους ξαναζωντάνεμα, ιδιαίτερα στην Αγγλία και τα Σκανδιναβικά Κράτη κι ακόμα στην ίδια την Γερμανία, γιατί φαίνεται πως οι άνθρωποι αρχίζουν ν' αηδιάζουν το άθλιο εκείνο νεροζούμι που

σερβίρεται στα Πανεπιστήμια εκεί κάτω με τ' όνομα της φιλοσοφίας.»³

1. Η Κλασσική Γερμανική Φιλοσοφία

Η γερμανική κλασσική φιλοσοφία λοιπόν, που αποτελεί τη βάση της διαλεκτικής, έχει δύο βασικούς εκπροσώπους: τον **Εμμανουήλ Καντ (1724-1804)** και τον **Γκέοργκ Βίλχελμ Φρίντριχ Χέγκελ (11770-1831)**. Ο Καντ στα πρώιμα έργα του ασχολείται με την εξέλιξη και την προέλευση του ηλιακού συστήματος, και διατυπώνει θέσεις που αντιτίθενται με τη μεταφυσική αντίληψη ότι το ηλιακό σύστημα είναι αναλλοίωτο. Στο φιλοσοφικό του έργο (σημαντικά έργα του είναι τα *Κριτική του Καθαρού Λόγου*, *Κριτική του Πρακτικού Λόγου*, *Κριτική Ικανότητα της Κρίσης*), ασχολείται κυρίως με ζητήματα γνωσιοθεωρίας και γνωσιμότητας του κόσμου. Πίστευε πως τα πράγματα καθεαυτά είναι αγνώσιμα, δηλαδή για εκείνον οι βάσεις κάθε γνώσης είναι προεμπειρικές, δεν εξαρτώνται από την εμπειρία και δε μπορούν να προσεγγιστούν από αυτήν.

Έτσι, ο χώρος, ο χρόνος, η αιτιότητα, για τον Καντ είναι όλα μορφές και κατηγορίες της ανθρώπινης συνείδησης, που όλες μαζί συνθέτουν τη γνώση. Το ίδιο ισχύει και για τον φυσικό κόσμο, που είναι παράγωγο της ανθρώπινης συνείδησης, και διαφοροποιείται, απέχει από την αντικειμενική πραγματικότητα, τα πράγματα καθεαυτά. Η συνεισφορά του στην διαλεκτική μέθοδο έγκειται αφενός στην κριτική της αναλυτικής μεθόδου και στην υποστήριξη της μεθόδου της σύνθεσης στην επιστημονική έρευνα σε φυσικές επιστήμες, μαθηματικά και φιλοσοφία. Επίσης, είναι σημαντική η διδασκαλία του για τις *αντιφάσεις*, που παράγει η ανθρώπινη λογική όταν μελετά τη φύση, όπως για παράδειγμα ότι κόσμος είναι εξίσου άπειρος όσο και πεπερασμένος, τα φαινόμενα είναι το ίδιο απλά και σύνθετα.

Ο Χέγκελ θεωρείται πως ανήκει στο ρεύμα του **αντικειμενικού ιδεαλισμού**. Τα βασικότερα έργα στα οποία αναπτύσσει τις ιδέες του είναι τα εξής: *Φαινομενολογία του Πνεύματος (1806)*, *Επιστήμη της Λογικής (1812-1816)*, *Εγκυκλοπαίδεια των Φυσικών Επιστημών (1817)* χωρισμένη σε τρία μέρη, «Λογική», «Φιλοσοφία της

³ Ένγκελς, 1971, σ.12

Φύσης» και «Φιλοσοφία του Πνεύματος». Ίσως ο πιο σημαντικός Γερμανός ιδεαλιστής, εξαιτίας της διαλεκτικής μεθόδου του, η οποία είχε σα βάση της τον ιδεαλισμό. Σύμφωνα με τον Χέγκελ, η πρώτη αρχή όλων των φαινομένων στη φύση και στην κοινωνία είναι η «απόλυτη ιδέα», που παρουσιάζεται σαν σύστημα λογικής και βρίσκεται σε «προκοσμικό» στάδιο, δηλαδή προϋπάρχει του φυσικού κόσμου. Στο δεύτερο στάδιο, συναντάμε τη χεγγελιανή **άρνηση** της πρωταρχικής ιδέας, δηλαδή την αντίθεση της, το πέρασμα της δηλαδή από *ιδέα* σε *φύση*. Ως ιδεαλιστής φυσικά ο Χέγκελ θεωρούσε τη φύση ως παράγωγο της απόλυτης ιδέας ή «*έτερον Είναι του πνεύματος*». Στο τρίτο στάδιο της εξέλιξης αυτής, συναντάμε τη διαλεκτική **άρνηση της άρνησης**, δηλαδή την άρνηση της φύσης και την επιστροφή στο πρωταρχικό στάδιο, αυτό της ιδέας, αλλά αυτή τη φορά με τη μορφή ατομικής και κοινωνικής συνείδησης. Όλα τα φυσικά και κοινωνικά φαινόμενα για τον Χέγκελ, και όλα τα προτσές τους, δεν είναι πάρα η έκφραση αυτής της διαλεκτικής εξέλιξης ,σε τρία στάδια, της απόλυτης ιδέας.

Αυτό που ξεχωρίζει στη δουλειά του Χέγκελ, είναι, όπως φαίνεται και στην παραπάνω περιγραφή του για την εξέλιξη της απόλυτης ιδέας, ότι την εξετάζει όχι στατικά, αλλά σε κίνηση, σε ανάπτυξη. Η βάση της διαλεκτικής του μεθόδου, που αναλύεται λεπτομερώς στο έργο του «*Επιστήμη της Λογικής*» και αποτέλεσε και την βάση για τη μετέπειτα διαλεκτική του **Καρλ Μαρξ**, έγκειται στην εξέταση της ανάπτυξης και της κίνησης των εννοιών και στη θεμελίωση **τριών βασικών αρχών** που θεμελιώνουν την ανάπτυξη αυτή:

- **Το πέρασμα από την ποσότητα στην ποιότητα.**
- **Η πάλη των αντιθέτων ως πηγή ανάπτυξης.**
- **Η άρνηση της άρνησης.**

Ο Χέγκελ δε σταματά μόνο στους νόμους της ανάπτυξης της απόλυτης ιδέας, αλλά αντιτάσσεται στη μεταφυσική μέθοδο της ανάλυσης και του διαμερισμού της φύσης στα επιμέρους κομμάτια της, υπερασπιζόμενος την αλληλεπίδραση και την αλληλοσύνδεση των εννοιών και των μερών που αποτελούν ένα σύνολο. Τις διαλεκτικές του θέσεις μάλιστα τις ενισχύει με παραδείγματα από τη φύση, για την ενότητα ύλης και κίνησης, ή την σχέση ανάμεσα στις ποσοτικές και ποιοτικές αλλαγές στη Χημεία. Παρά την ιδεαλιστική του αντίληψη για την πραγματικότητα

και τις αντιφάσεις της αντίληψης του αυτής με τη διαλεκτική του μέθοδο, ασχολήθηκε και με το ζήτημα των νομοτελειών της ιστορικής εξέλιξης της ανθρώπινης κοινωνίας, ένα ζήτημα που δεν απάντησε, αλλά ώθησε στην ανάπτυξη του **ιστορικού υλισμού**, δηλαδή της διαλεκτικής αντίληψης για την Ιστορία.

Άξιος αναφοράς εδώ, είναι ο Γερμανός υλιστής φιλόσοφος **Λουδοβίκος Φόϋερμπαχ**, ο οποίος υπήρξε μαθητής του Χέγκελ και ενώ αρχικά ανήκε σε μια ομάδα αριστερών χεγκελιανών, μετέπειτα υπερασπίστηκε τον υλισμό. Μάλιστα υποχρεώθηκε να εγκαταλείψει την ακαδημαϊκή του καριέρα εξαιτίας αυτών των φιλοσοφικών του απόψεων. Η κριτική του Φόϋερμπαχ στη Χεγκελιανή φιλοσοφία είχε δύο σκέλη: το πρώτο αφορούσε την αντίληψη του για την φύση, η οποία ήταν βαθιά υλιστική, και μάλιστα όχι μόνο με τα στενά όρια του μηχανιστικού γαλλικού και αγγλικού υλισμού, αλλά πιο επεξεργασμένη, αφού αναγνώριζε την ποιοτική ποικιλομορφία της. Το δεύτερο σκέλος της κριτικής του αφορούσε προβλήματα γνωσιοθεωρίας και της γνωσιμότητας του φυσικού κόσμου, στο κέντρο της οποίας τοποθετούσε την αισθητηριακή αντίληψη του ανθρώπου. Περαιτέρω, αντιτάχθηκε και στην μη γνωσιμότητα του κόσμου του Καντ, στον μυστικισμό και στην απόσπαση του αντικειμένου από το υποκείμενο.

Παρόλα αυτά, η υλιστική θεώρηση του Φόϋερμπαχ δε συμπεριέλαβε την πρωτοπόρα διαλεκτική μέθοδο του Χέγκελ, την οποία αγνόησε εντελώς, και την απέρριψε μαζί με το χεγκελιανό ιδεαλισμό. Η μεγάλη συνεισφορά του όμως, έγκειται στην περαιτέρω ανάπτυξη της υλιστικής φιλοσοφίας, που μαζί με τη Χεγκελιανή διαλεκτική οδήγησαν στη θεμελίωση του **διαλεκτικού υλισμού**.

2. Η Μαρξιστική Φιλοσοφία

Στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, το 1840-1850, έχουμε την εμφάνιση της μαρξιστικής φιλοσοφίας, στηριγμένη πάνω στη μελέτη δύο μεγάλων στοχαστών, του **Καρλ Μαρξ** και **Φρίντριχ Ένγκελς**, για την φύση και την κοινωνία. Συνοπτικά, η φιλοσοφία των Μαρξ και Ένγκελς είναι ο **διαλεκτικός υλισμός** και πρόκειται για μια νέα αντίληψη για τη φύση και την κοινωνία, που αντιπαραβάλλεται στα μέχρι τότε ρεύματα της μεταφυσικής και του ιδεαλισμού. Οι συνθήκες στις οποίες εμφανίζεται η μαρξιστική φιλοσοφία εντοπίζονται στην καθιέρωση και ανάπτυξη του καπιταλιστικού τρόπου παραγωγής, που για πρώτη φορά φέρνει στην επιφάνεια νέου τύπου κοινωνικές

αντιφάσεις, με την πρωταρχική από αυτές να είναι η αντίθεση ανάμεσα στην εργατική και την αστική τάξη, και η πάλη ανάμεσα τους. Αυτό που κάνει ιδιαίτερη την πάλη ανάμεσα σε αυτές τις δύο τάξεις σε σχέση με προηγούμενα κοινωνικό-οικονομικά συστήματα που στηρίζονται στην εκμετάλλευση ανθρώπου από άνθρωπο, είναι πως για πρώτη φορά δημιουργούνται, εξαιτίας των νόμων του κεφαλαιοκρατικού τρόπου παραγωγής, οι προϋποθέσεις για την κατάργηση της εκμετάλλευσης στην παραγωγή (Κονσταντίνοφ *et al.*, 2010).

Η ανάδειξη, σε πρώιμο στάδιο, αυτών των αντιθέσεων εμφανίζεται στο ρεύμα του *ουτοπικού σοσιαλισμού*, που βρήκε διάφορους εκπροσώπους στις αρχές του 19^{ου} αιώνα (Σεν-Σιμόν, Φουριέ, Ρόμπερτ Όουεν). Η κριτική τους στο αστικό καθεστώς ήταν μια θεωρητική πηγή για το Μαρξισμό, όμως πλέον υπήρχε η ανάγκη για την δημιουργία μιας επιστημονικής θεωρίας που θα αποκαλύπτει τους νόμους της κεφαλαιοκρατικής παραγωγής, τους μηχανισμούς της εκμετάλλευσης που επιφέρουν την πάλη των τάξεων και τελικά θα «..τοποθετεί το σοσιαλισμό πάνω στο έδαφος της πραγματικότητας» (Φ.Ένγκελς, 2006). Τα δύο βασικά φιλοσοφικά εμπόδια που έπρεπε να ξεπεραστούν, ώστε να επιτευχθεί μια τέτοια επιστημονική φιλοσοφική μέθοδος γνώσης της πραγματικότητας ήταν πρώτον ο ιδεαλισμός στο σύνολο του, και πιο συγκεκριμένα η ιδεαλιστική αντίληψη για την ιστορία και τη φύση, και δεύτερον ο μεταφυσικός τρόπος εξέτασης της πραγματικότητας, που απέκλειε την παρατήρηση της στην ανάπτυξη και στην εξέλιξη της.

Οι πτυχές της θεωρίας των Μαρξ και Ένγκελς, του διαλεκτικού υλισμού, σκιαγραφούνται σε μια σειρά από θεωρητικά τους έργα, με πιο χαρακτηριστικά το *Κεφάλαιο* και την *Κριτική της Πολιτικής Οικονομίας* του Μαρξ, και τα *Αντί-Ντύρινγκ* και *Διαλεκτική της Φύσης* του Ένγκελς. Στα έργα αυτά, παρατηρούμε και μια εκτενή μελέτη των Μαρξ και Ένγκελς στην πολιτική οικονομία του καπιταλισμού και στις φυσικές επιστήμες της εποχής τους, με σκοπό να θεμελιώσουν την διαλεκτική και υλιστική κοσμοαντίληψη, που θεωρούσαν μάλιστα αναγκαία για την επιστήμη του καιρού τους. Χαρακτηριστικά, στην αλληλογραφία μεταξύ των δύο μεγάλων στοχαστών φαίνεται η έντονη ενασχόληση τους με τα προβλήματα των φυσικών επιστημών, το περιεχόμενο της οποίας αποκρυσταλλώνεται ξεκάθαρα στην *Διαλεκτικής της Φύσης*. Το εγχείρημα του Ένγκελς στο βιβλίο αυτό είναι να ασκήσει κριτική στον μηχανιστικό υλισμό

και στην ιδεαλιστική διαλεκτική του Χέγκελ και να φανερώσει τις αντιθέσεις ανάμεσα στο μεταφυσικό και στο διαλεκτικό τρόπο σκέψης, βασιζόμενος στα πιο πρόσφατα πορίσματα των φυσικών επιστημών της εποχής του. Οι τρεις βασικές ιδέες του Ένγκελς για τη Διαλεκτική της Φύσης ήταν οι εξής:

- «*Η αδιαιρετότητα της ύλης και της κίνησης (η κίνηση είναι ο τρόπος ύπαρξης της ύλης).*»
- «*Οι ποιοτικές διαφορές στα είδη κίνησης της ύλης και οι επιστήμες που τα μελετούν (φυσική, χημεία, βιολογία).*»
- «*Το διαλεκτικό πέρασμα από τη μία μορφή κίνησης σε άλλη και άρα από τη μία επιστήμη στην άλλη.*»⁴

Στο κεφάλαιο *Διαλεκτική στη Διαλεκτική της φύσης*, ο Ένγκελς προσπαθεί να αναπτύξει το χαρακτήρα της Διαλεκτικής ως «*επιστήμης των αλληλεξαρτήσεων, σε αντίθεση με τη μεταφυσική*»⁵. Έπειτα, βασιζόμενος στη Χεγκελιανή διαλεκτική, και επιχειρηματολογώντας με βάση επιστημονικά δεδομένα της εποχής του, σκιαγραφεί και θεμελιώνει τους τρεις βασικούς νόμους της διαλεκτικής. Διαφοροποιείται από τον Χέγκελ, λέγοντας πως το λάθος του ήταν ότι επέβαλλε τους τρεις αυτούς νόμους πάνω στη φύση και την ιστορία, ως νόμους της νόησης, αντί να τους εξάγει από αυτές. Ο Ένγκελς, στην ουσία, θεμελιώνει κατ' αντιστοιχία με τις φυσικές επιστήμες τους τρεις νόμους της διαλεκτικής, οι οποίοι έως και σήμερα αποτελούν την κοινώς αποδεκτή προσέγγιση του διαλεκτικού τρόπου σκέψης. Αν και υπάρχει σύγχρονη έρευνα που προσπαθεί να απομακρύνει τη διαλεκτική από το σύστημα των τριών νόμων, στα πλαίσια και της δικής μας έρευνας, θα χρησιμοποιήσουμε αυτή την προσέγγιση. Ας δούμε πιο αναλυτικά:

Αρχικά, έχουμε **το νόμο της αλληλοδιείσδυσης των αντιθέτων ή νόμος της ενότητας και πάλης των αντιθέτων**. Στην απλή λογική, η θεωρητική κατηγορία της ταυτότητας είναι πιο σημαντική από αυτήν της αντίφασης. Όμως, στη Χεγκελιανή διαλεκτική, η έννοια της *αντίφασης* παίζει κεντρικό ρόλο όχι μόνο λογικά ή επιστημολογικά, αλλά και *οντολογικά*, δηλαδή αφορά τα πράγματα καθεαυτά, και όχι απλώς τις απεικονίσεις τους στη συνείδηση μας. Στις αντιφάσεις λοιπόν, βρίσκεται η

⁴ Ένγκελς, 2008, σ.7

⁵ Ένγκελς, 2008, σ.44

πηγή κάθε κίνησης. Σύμφωνα με τον Μαρξ, κάθε διαδικασία κίνησης και ανάπτυξης της ύλης οφείλεται στην ενότητα και την πάλη 2 αντίθετων «πόλων», που ενώ ο ένας είναι η άρνηση του άλλου, ταυτόχρονα δεν μπορεί παρά να συνυπάρχει σε σχέση με τον άλλο. Έτσι, όλα τα φυσικά φαινόμενα έχουν ένα βαθιά αντιφατικό χαρακτήρα, τον οποίο ο Ένγκελς στήριξε με βάση τα επιστημονικά δεδομένα της εποχής του, με πιο χαρακτηριστική την ηλεκτρική έλξη και άπωση ανάμεσα σε αντίθετα ηλεκτρικά φορτία, για την οποία έγραφε πως «είναι τόσο αζεχώριστες μεταξύ τους, όσο το θετικό και το αρνητικό...»⁶.

Άλλα χαρακτηριστικά παραδείγματα το νόμου της ενότητας και πάλης των αντιθέτων στις φυσικές επιστήμες είναι τα ευρήματα της σύγχρονης φυσικής, όπως η δομή του ατόμου σαν ενότητα αντίθετα φορτισμένων σωματιδίων, ο θετικός και αρνητικός πόλος στο μαγνητισμό, η λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού, που στηρίζεται σε εσωτερικές μεταβολές (κυτταρική ανανέωση) για να κρατήσει σταθερή τη δομή του, ή ο τρόπος με τον οποίο ερμηνεύει ο Λένιν την κίνηση ενός σώματος, ως ενότητα της συνέχειας και της ασυνέχειας του χώρου και του χρόνου.

Στη συνέχεια, έχουμε **το νόμο του περάσματος από την ποσότητα στην ποιότητα**. Σύμφωνα με τον νόμο αυτόν, κάθε ποιοτική μεταβολή στη φύση οφείλεται στην ποσοτική πρόσθεση ή αφαίρεση ύλης ή κίνησης, ή αλλιώς *ενέργειας*. Κατά συνέπεια, είναι αδύνατο να μεταβληθεί η ποιότητα ενός σώματος, χωρίς την ποσοτική του αλλοίωση. Η ποιοτική διαφορά στα σώματα εκφράζεται μέσω της διαφοράς στη χημική τους σύσταση και στους συνδυασμούς των μορίων που τα αποτελούν, η οποία σε όλα τα φαινόμενα συνοδεύεται από ποσοτικές μεταβολές που αφορούν τη μηχανική κίνηση των μορίων τους, δηλαδή σε μεγαλύτερης ή μικρότερης κλίμακας ενεργειακές μεταβολές⁷.

Το πρώτο παράδειγμα εφαρμογής του συγκεκριμένου νόμου που δίνει ο Ένγκελς αφορά το νόμο διατήρησης της ενέργειας και της μετατροπής της από μια μορφή σε μια άλλη: «*Η μεταβολή της μορφής της κίνησης είναι μια διαδικασία που πραγματοποιείται ανάμεσα σε τουλάχιστον δύο σώματα, από τα οποία το ένα χάνει ορισμένη ποσότητα κίνησης της πρώτης ποιότητας (π.χ. θερμότητα), ενώ το άλλο κερδίζει μια ποσότητα κίνησης της άλλης ποιότητας (μηχανική κίνηση, ηλεκτρισμός,*

⁶ Ένγκελς, ο.α. σε Κωνσταντίνοφ et al., 2010, σ.382.

⁷ Ο Ένγκελς αναφέρεται σε αυτή τη διαδικασία με τους όρους «ποσότητα κίνησης που μεταδίδεται στα σώματα».

χημική αποσύνθεση). Εδώ λοιπόν η ποσότητα και η ποιότητα αντιστοιχούν αμοιβαία η μία στην άλλη». ⁸ Έπειτα, αναφέρεται και σε άλλες έννοιες της φυσικής, όπως τη σχέση ανάμεσα στις διάφορες μορφές ύπαρξης της ύλης, την μακροσκοπικής κλίμακας μάζα, το μόριο και το άτομο. Η μάζα αποτελείται από μόρια, όμως είναι ποιοτικά διαφορετική από αυτά (π.χ. τα μόρια μπορούν να κάνουν «θερμικές»⁹ κινήσεις ενώ η μάζα να βρίσκεται μακροσκοπικά σε ηρεμία), και το ίδιο ισχύει και για το μόριο και το άτομο. Έτσι η ποσοτική διαδικασία της διαίρεσης (από μάζα σε μόριο και από μόριο σε άτομο) έχει κάποια ποιοτικά όρια, στα οποία το εξεταζόμενο σώμα εμφανίζει διαφορετικές ιδιότητες. Στη Μηχανική, αντί για ποιότητες συναντούμε «καταστάσεις» όπως η κίνηση ή η ηρεμία, όπου η μετάβαση από τη μία στην άλλη μπορεί να χαρακτηριστεί από ποσοτικές μεταβολές σε αντίστοιχα φυσικά μεγέθη.

Επίσης, βασιζόμενος στις ανακαλύψεις της Θερμοδυναμικής, ερμηνεύει με αυτόν τον νόμο και τις αλλαγές φάσεων, στις οποίες αναφερόταν και ο Χέγκελ. Υπάρχουν τα λεγόμενα «σημεία-κόμβοι (*nodal points*)» ή αλλιώς κρίσιμα σημεία (για τα υγρά σημείο τήξης ή βρασμού, για τα αέρια σημείο υγροποίησης), όπου αν ξεπεραστούν, με ποσοτική πρόσθεση ή αφαίρεση «κίνησης», παρατηρούμε αλλαγή στην ποιότητα του σώματος (από στερεό σε υγρό σε αέριο). Στις αλλαγές φάσης δεύτερης τάξης (συνεχείς), όπως σε σιδηρομαγνητικά υλικά όπως ο σίδηρος, ή στο βρασμό του νερού σε πολύ μεγάλη πίεση, η απότομη διαφοροποίηση από τη μία φάση στην άλλη αλλοιώνεται, και παρατηρείται συνύπαρξη φάσεων, οπότε η έννοια του σημείου κόμβου δεν είναι έγκυρη σε αυτή την περίπτωση. Και πάλι όμως, ακόμα και σε αυτές τις διεργασίες, συναντάμε την έννοια του *κατωφλίου (threshold)*, δηλαδή ενός ακριβούς σημείου στο οποίο συμβαίνει η εξάλειψη των ορίων ανάμεσα στις δύο φάσεις (Sève, 2008).

Το πιο τρανταχτό παράδειγμα εφαρμογής του νόμου της ποσότητας και της ποιότητας αφορούσε την επιστήμη της Χημείας, με μια σειρά από παραδείγματα: οι ποιοτικά διαφορετικές ενώσεις του οξυγόνου, του υδρογόνου και του άνθρακα, που με την προσθαφαίρεση μορίων δίνουν ενώσεις με εντελώς διαφορετικές ιδιότητες (π.χ. οξυγόνο με όζον, οξείδιο του αζώτου με πεντοξείδιο του αζώτου, τα διάφορα είδη υδρογονανθράκων – όπως μεθάνιο και αιθάνιο- και αλκοολών, όπως αιθυλική και

⁸ Έγγκελς, 2008, σ.45

⁹ Εδώ υποθέτω πως εννοεί την κίνηση Brown, που ήταν σύγχρονη της εποχής του Engels (1827).

αμυλική αλκοόλη), ή ο περιοδικός νόμος του Schorlemer, που αναφέρει ότι οι χημικές ιδιότητες των στοιχείων είναι περιοδική συνάρτηση των ατομικών τους βαρών. Χάρη στο νόμο αυτό, που για τον Ένγκελς είναι εφαρμογή του νόμου του περάσματος από την ποσότητα στην ποιότητα, ο Mendelejev υπέθεσε ότι υπάρχουν κενά στον περιοδικό πίνακα, με στοιχεία που δεν έχουν ακόμα ανακαλυφθεί, και μάλιστα για ένα από αυτά, που βρισκόταν στην ίδια ομάδα με το αργίλιο, προέβλεψε το ατομικό του βάρος και τον ατομικό του όγκο. Πράγματι το στοιχείο αυτό ήταν το Γάλλιο και ανακαλύφθηκε το 1875 από τον Γάλλο χημικό Πολ-Εμίλ (Φρανσουά) Λεκόκ ντε Μπουαμποντράν.

Ο τρίτος βασικός νόμος της διαλεκτικής, είναι ο νόμος της άρνησης της άρνησης και αφορά την αντικειμενική τάση των εξελικτικών διαδικασιών, την κατεύθυνση της ανάπτυξης των φαινομένων που περιγράφεται από τους δύο παραπάνω νόμους. Σύμφωνα λοιπόν με τη μαρξιστική διαλεκτική, η βασική κατευθυντήρια γραμμή της κίνησης στη φύση και την κοινωνία, όσο χαοτική και πολύπλοκη και αν είναι, είναι η κατεύθυνση από το απλό στο σύνθετο, από μια κατώτερη βαθμίδα ανάπτυξης σε μια υψηλότερη. Η κατεύθυνση αυτή οφείλεται στο νόμο της άρνησης της άρνησης, ο οποίος προσφέρει στο σύστημα της διαλεκτικής την δυνατότητα να αποκαλύπτει την εσωτερική σύνδεση και τη διαδοχή των κατώτερων και των ανώτερων βαθμίδων ανάπτυξης στην *σπειροειδή* μορφή της (Κονσταντίνοφ et al., 2010).

Ο Ένγκελς, στηριζόμενος στη δουλειά του Μαρξ στο *Κεφάλαιο*, αναλύει το διαλεκτικό νόμο αυτό στο έργο του *Αντί-Ντίρινγκ* (1878). Μια από τις βασικές θέσεις του είναι ότι ο νόμος της άρνησης της άρνησης είναι νόμος της ανάπτυξης, επομένως δεν περιλαμβάνει κάθε άρνηση, αλλά μόνο εκείνη που είναι αναγκαία συνθήκη της ανάπτυξης. Μια ποιοτική μεταβολή εμφανίζεται ως άρνηση μιας παλιάς ποιότητας και αντικατάσταση της από μια νέα, ενώ η πάλη των αντιθέτων καταλήγει στην επικράτηση ενός πόλου έναντι του άλλου, το οποίο συνιστά και αυτό μια άρνηση. Η διαλεκτική άρνηση επομένως δεν είναι απλή καταστροφή, δεν είναι μηδενισμός, αλλά βρίσκεται στον πυρήνα της ανάπτυξης. Ο Μαρξ στηρίζεται στο νόμο αυτό για να αποδείξει πως τα οικονομικά συστήματα διαδέχονται το ένα το άλλο με κατεύθυνση από την κατώτερη μορφή οργάνωσης της παραγωγής στην ανώτερη: «Ο καπιταλιστικός τρόπος παραγωγής και ιδιοποίησης, συνεπώς η καπιταλιστική ατομική

ιδιοκτησία, είναι η πρώτη άρνηση της ατομικής ιδιοκτησίας της βασισμένης στην ίδια την εργασία του εργάτη. Η ίδια η καπιταλιστική παραγωγή παράγει την άρνησή της με την αναγκαιότητα μιας διαδικασίας της φύσης. Είναι η άρνηση της άρνησης.»¹⁰

Τα παραδείγματα για τον διαλεκτικό αυτό νόμο στο Αντί-Ντίρινγκ αφορούν, εκτός από το προτσές της ιστορίας, ένα σύνολο από φυσικά προτσές και μαθηματικά μοντέλα. Χαρακτηριστικά αναφέρει το παράδειγμα της ανάπτυξης ενός φυτικού οργανισμού ή ενός εντόμου, από σπόρο ή αυγό αντίστοιχα, σε μια πολυπλοκότερη δομή, μέσω μιας σειράς διαδοχικών αρνήσεων, το παράδειγμα της συνεχούς διαμόρφωσης του φλοιού και των στρωμάτων της γης στη Γεωλογία, την άρνηση της άρνησης στην άλγεβρα, ως το θετικό αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού ενός αρνητικού αριθμού με τον εαυτό του, ή τη διαδικασία επίλυσης διαφορικών εξισώσεων στον διαφορικό και ολοκληρωτικό λογισμό: αρχικά *αρνούμαστε* τα μεταβλητά μεγέθη x και y , κάνοντας πράξεις με τα διαφορικά τους dx , dy , και τελικά, μέσω του ολοκληρώματος, *αρνούμαστε* ξανά αυτήν την άρνηση, καταλήγοντας σε μια καινούρια σχέση για τα μεγέθη x , y .

Η υλιστική διαλεκτική θεμελιώνεται στα έργα των Μαρξ και Ένγκελς που αναφέραμε παραπάνω, και εμπλουτίζεται περαιτέρω στο έργο του **Βλάντιμιρ Ίλιτς Λένιν**. Το κυριότερο φιλοσοφικό έργο του Λένιν βρίσκεται στο 18^ο τόμο στα Άπαντα του, με τίτλο *Υλισμός και Εμπειριοκριτικισμός (1909)*. Ο Λένιν πιάνεται από την παρατήρηση του Ένγκελς, ότι μπροστά σε κάθε νέα μεγάλη επιστημονική ανακάλυψη ο υλισμός πρέπει να αλλάζει τη μορφή του, και ασχολείται με το να δώσει αυτή τη νέα μορφή του διαλεκτικού υλισμού μπροστά στις ιδιαίτερες συνθήκες της εποχής του, που χαρακτηριζόταν από τη μεγάλη επανάσταση στις φυσικές επιστήμες, με πρωταρχικές τις ανακαλύψεις της σύγχρονης φυσικής.

Στα τέλη του 19^{ου} και στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, την περίοδο δηλαδή πριν γραφτεί ο *Υλισμός και Εμπειριοκριτισμός*, έχουμε επαναστατικές ανακαλύψεις στο χώρο της φυσικής: το φαινόμενο της ραδιενέργειας (1896), το ηλεκτρόνιο (1897) και η μελέτη των ιδιοτήτων του (μεταβλητότητα μάζας σε σχέση με την ταχύτητα του), τα ατομικά μοντέλα (αρχικά του Thompson το 1904 και μετέπειτα των Rutherford το 1911 και του Bohr το 1914), ήταν μερικές μόνο από τις ανακαλύψεις που κλόνισαν τις μηχανιστικά υλιστικές θέσεις της κλασσικής φυσικής για την φύση και τον κόσμο,

¹⁰ Μαρξ, ο.α. σε Ένγκελς, 2006, σ. 173

και δημιούργησαν μια τάση στη αναθεώρησης θεμελιωδών εννοιών στα νέα πλαίσια της σύγχρονης φυσικής, η πήρε τη διάσταση μιας γενικότερης αμφισβήτησης του υλισμού σαν φιλοσοφική βάση της νέας φυσικής. Έτσι γεννήθηκε ένα νέο θετικιστικό ρεύμα , που ο Λένιν το ονόμαζε «φυσικό ιδεαλισμό» και είχε τη σύγχρονη φυσική ως γνωσιοθεωρητική του πηγή.

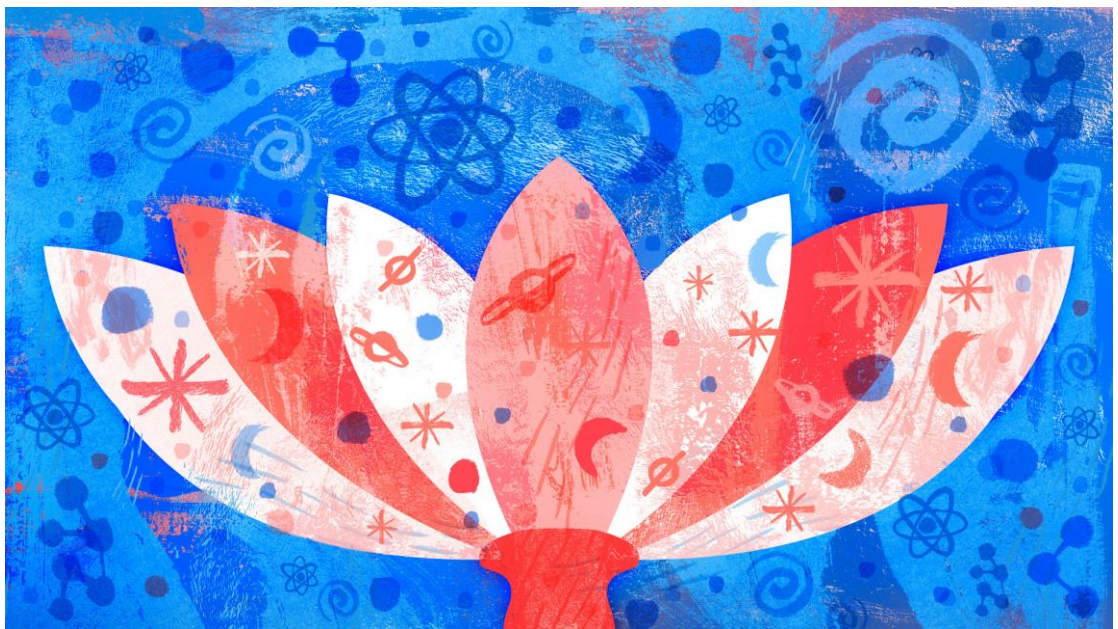
Σε αυτό του έργο , ο Λένιν αντιτάσσεται στο κυρίαρχο φιλοσοφικό ρεύμα της εποχής του, τον θετικισμό, που διεκδικούσε τις δάφνες της μόνης αληθινά επιστημονικής φιλοσοφίας και πατούσε πάνω στις ανακαλύψεις της σύγχρονης φυσικής, βρίσκοντας τον κύριο εκφραστή της στον Αυστριακό φυσικό και φιλόσοφο **Έρνστ Μαχ**. Ο Μαχ , μαζί με άλλους σύγχρονους επιστήμονες του, όπως ο **Ανρί Πουανκαρέ**, προσπάθησε να αναθεωρήσει την μαρξιστική φιλοσοφία εξ'ολοκλήρου, υποστηρίζοντας πως στο φιλοσοφικό έργο των Μαρχ και Ένγκελς, οι αναφορές στην υλιστική διαλεκτική είναι απλώς μια *«φρασεολογική κληρονομιά της φιλοσοφικής παράδοσης μέσα στην οποία αναπτύχθηκε η επιστημονική σκέψη τους»* (Γλιένκοφ, 1988). Αφεταιριακή γραμμή του μαχισμού, είναι η έμφαση στα *αισθήματα* και στην ανάλυση τους , ως το νέο ρόλο των φυσικών επιστημών, αφού δεν υπάρχει δυνατότητα γνώσης της ύλης, ως αντικειμενικής πραγματικότητας.

Ο Λένιν έβλεπε στο μαχισμό την αναβίωση παλαιότερων ιδεαλιστικών φιλοσοφικών απόψεων , όπως του Μπέρκλεϋ και του Χιουμ, και έτσι θεώρησε αναγκαίο να θεμελιώσει ξανά τη φιλοσοφία σε διαλεκτικά υλιστικά θεμέλια, αναπτύσσοντας βασικές θέσεις που αφορούσαν τόσο την υλιστική διαλεκτική ερμηνεία των νέων επιστημονικών δεδομένων αλλά και την ανάπτυξη της διαλεκτικής γνωσιοθεωρίας. Τα πιο βασικά σημεία στο έργο του είναι ο ορισμός του για την ύλη, η σχέση της ύλης με τη συνείδηση, η θεωρία της αντανάκλασης για τη γνωσιμότητα του κόσμου, δείχνοντας τελικά ακριβώς **πως η διαλεκτική είναι η γνωσιοθεωρία του μαρξισμού**. Έτσι, στην εξελικτική πορεία της ίδιας της γνώσης, ο Λένιν βλέπει τις επιστημονικές ανακαλύψεις της κάθε εποχής ως ακόμα ένα «κόκκο» στην διαλεκτική πορεία από μια κατώτερη βαθμίδα γνώσης σε μια ανώτερη, που καθεμία προσεγγίζει όλο και περισσότερο την αντικειμενική, απόλυτη αλήθεια.

Η βασική διδασκαλία του έργου του Λένιν για το διαλεκτικό υλισμό, είναι πως κατάφερε να απαντήσει στο πρόβλημα της εγκυρότητας της φιλοσοφίας των επιστημών , αποδεικνύοντας πως ενώ η επιστήμη σε κάθε εποχή είναι μια

αντανάκλαση του προτσές της γνώσης από τη σχετική στην απόλυτη αλήθεια, η φιλοσοφία των επιστημών και η γνωσιοθεωρία που προκύπτει από την επιστήμη της εκάστοτε εποχής, δεν επικυρώνεται απλώς επειδή είναι σύμφωνη με τις πιο σύγχρονες ανακαλύψεις, αφού η ίδια η σκέψη των επιστημόνων ακολουθεί αντικειμενικούς νόμους και υποτάσσεται σε υλικές προϋποθέσεις που φυσικά έχουν οικονομικές, κοινωνικές και πολιτικές προεκτάσεις. Έτσι, για τον Λένιν: «*Η σύγχρονη φυσική δε βαδίζει προς τη μοναδικά σωστή μέθοδο και τη μοναδικά σωστή φιλοσοφία των φυσικών επιστημών κατευθείαν, αλλά με ζιγκ ζαγκ, δεν βαδίζει συνειδητά, αλλά αυθόρμητα, χωρίς να βλέπει καθαρά τον τελικό σκοπό της, αλλά προσεγγίζοντας σαυτόν ψηλαφητά, με ταλαντεύσεις.*»¹¹.

¹¹ Λένιν, 2011, σ. 337-338.



3. Ανάδυση (Emergence)

Ορισμός και Ιστορικές Απαρχές

Η φιλοσοφία της ανάδυσης (emergentism), είναι μια φιλοσοφία που προκύπτει μέσα από την επιστημονική έρευνα σε διάφορους επιστημονικούς τομείς, που κατά κύριο λόγο, σύμφωνα με τον Mark Badeau, αφορούν τη μελέτη της πολυπλοκότητας, και χρησιμοποιούν μη γραμμική δυναμική (Badeau, 2008). Η βασική θέση της στηρίζεται στην έννοια της ανάδυσης (emergence), δηλαδή στο ότι υπάρχουν στοιχεία της πραγματικότητας, οι ιδιότητες των οποίων δεν μπορούν να αναχθούν στις ιδιότητες της δομής χαμηλότερης βαθμίδας από την οποία αποτελούνται, υπό την έννοια ότι δεν προκύπτουν από τον συνδυασμό των ιδιοτήτων των μερών που απαρτίζουν ένα πολυπλοκότερο σύστημα. Αυτό που φαίνεται παράδοξο, αλλά είναι πολύ σημαντικό για τις φιλοσοφικές επιπτώσεις της ανάδυσης μπορεί να συνοψισθεί σε δύο βασικά χαρακτηριστικά για τα αναδυόμενα φαινόμενα:

- 1) Τα αναδυόμενα φαινόμενα εξαρτώνται από τις υποκείμενες διαδικασίες που συμβαίνουν στη βάση τους. Δεν μπορούν να προκύψουν παρά μόνο αν υπάρχει η κατώτερη βαθμίδα οργάνωσης και εάν αναπτύσσονται συγκεκριμένες σχέσεις ανάμεσα στα μέρη της.
- 2) Ταυτόχρονα όμως, τα αναδυόμενα φαινόμενα είναι ανεξάρτητα από τη βάση τους, υπό την έννοια ότι οι ιδιότητες της βάσης δεν αρκούν για να προβλεφθούν και να εξηγηθούν οι νέες ιδιότητες που προκύπτουν (Rigato, 2017).

Η έννοια της ανάδυσης εμφανίζεται πρωταρχικά σε φιλοσοφικά έργα στα μέσα του 19^{ου} αιώνα και στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, όταν κυριαρχεί το ερώτημα εάν μπορούν μακροσκοπικά φαινόμενα όπως η ζωή και η συνείδηση να ερμηνευτούν με βάση τις φυσικές επιστήμες, ή αλλιώς αν είναι εφικτό επιστήμες όπως η βιολογία και η ψυχολογία να αναχθούν σε βασικές αρχές και νόμους της φυσικής. Η απάντηση σε αυτά τα ερωτήματα γεννά τους πρώτους Βρετανούς φιλόσοφους της ανάδυσης, οι οποίοι υποστήριζαν πως όλος ο φυσικός κόσμος είναι φτιαγμένος από ύλη, αλλά σε διαφορετικά επίπεδα οργάνωσης της ύλης, εμφανίζονται ιδιότητες που είναι ριζικά

«νέες» σε σχέση με τις ιδιότητες της ύλης σε κατώτερα επίπεδα οργάνωσης. Αυτές οι απαρχές της φιλοσοφίας της ανάδυσης συναντώνται κυρίως στα έργα των *J.S Mill (System of Logic, 1843)*, *Samuel Alexander (Space, Time and Deity, 1920)*, *C. Loyd (Emergent Evolution, 1923)* και *C.D. Broad (Mind and Its Place in Nature, 1925)*.

Αν και σε αυτά τα έργα δε συναντάμε μια εντελώς ενιαία προσέγγιση για την ανάδυση, αλλά κάποια κοινά στοιχεία μπορούν να προκύψουν, τα οποία μας καταδεικνύουν το ιστορικό και φιλοσοφικό υπόβαθρο της έννοιας. Αρχικά, φαίνεται πως η ανάδυση ως έννοια εμφανίζεται στα έργα των παραπάνω φιλοσόφων σαν απάντηση στον «Λαπλασιανό Δαίμονα», δηλαδή την άποψη του απόλυτου ντετερμινισμού και αναγωγισμού για τις φυσικές διαδικασίες του σύμπαντος. Οι φιλόσοφοι της ανάδυσης βλέπουν ένα μηχανικό «επίπεδο» στην ύλη, δηλαδή διαδικασίες στις οποίες το αποτέλεσμα ενός συνδυασμού αιτιών είναι το άθροισμα των αποτελεσμάτων τους εάν η κάθε αιτία δρούσε αυτόνομα. Όμως, βλέπουν και άλλα επίπεδα στην ύλη (χημικά, βιολογικά), στα οποία δεν ισχύει αυτή η επαλληλία των αιτιών. Ο Mill ασχολείται με τις χημικές αντιδράσεις αντικατάστασης, βλέποντας πως οι ιδιότητες των προϊόντων μας τέτοιας αντίδρασης δεν είναι το άθροισμα των ιδιοτήτων των αντιδρώντων.

Χαρακτηριστικό είναι επίσης πως στο έργο αυτών των φιλοσόφων βλέπουμε και επιστημολογικές αλλά και οντολογικές ερμηνείες της ανάδυσης. Ο Alexander υποστηρίζει μια πιο «επιστημολογική» έννοια της ανάδυσης, μιλώντας για διαφορετικά επίπεδα επιστημονικής εξήγησης. Το σχήμα που περιγράφει στο έργο του είναι πως στη βάση τους, όλες οι αντιδράσεις είναι «φυσικοχημικές», αλλά καθώς ανεβαίνει η πολυπλοκότητα τους, έχουμε την ανάδυση νέων ιδιοτήτων, νέων φαινομένων, που υπακούν σε δικούς τους νόμους που αφορούν αποκλειστικά το επίπεδο της πολυπλοκότητας τους. Έτσι, κάθε επιστήμη διατηρεί την αυτονομία της, μελετά τους δικούς της ξεχωριστούς νόμους και η απρόβλεπτη εμφάνιση αναδυόμενων ιδιοτήτων για εκείνον είναι ένα εμπειρικό φαινόμενο με το οποίο η επιστήμη πρέπει να συμφιλιωθεί. Στο έργο του C.D. Broad συναντάμε μια οντολογική ερμηνεία της ανάδυσης, αφού προκύπτει από τον οντολογικό διαχωρισμό ανάμεσα στις ιδιότητες των αντικειμένων που μελετούν οι επιστήμες. Κεντρικό ρόλο σε αυτήν την πρωταρχική έννοια της ανάδυσης, λοιπόν παίζει ο μη αναγωγισμός και η μη προβλεψιμότητα ως εγγενές στοιχείο της ανάπτυξης της ύλης από χαμηλότερα

σε ανώτερα επίπεδα πολυπλοκότητας (οντολογική ερμηνεία) αλλά και της επιστημονικής μελέτης της μετάβασης αυτής (επιστημολογική ερμηνεία).

Οι κατηγορίες ανάδυσης

Φυσικά, από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα και τις πρώτες προσεγγίσεις για την έννοια της ανάδυσης, η επιστήμη έχει προχωρήσει πάρα πολύ και οι νέες επιστημονικές ανακαλύψεις έχουν ανοίξει νέους δρόμους και προσεγγίσεις για τα αναδυόμενα φαινόμενα. Αφού θέσαμε λοιπόν τη βάση, θα ασχοληθούμε με πιο πρόσφατες εργασίες πάνω στην έννοια της ανάδυσης, που αναδεικνύουν τα βασικά ερωτήματα της επιστημονικής κοινότητας πάνω στα ζητήματα που προκύπτουν από τα αναδυόμενα φαινόμενα. Τα βασικά ερωτήματα που προκύπτουν είναι αν η ανάδυση είναι ένα γνωσιακό, επιστημολογικό χαρακτηριστικό ή μια οντολογική ιδιότητα, εάν και πώς μπορούμε μέσα από την ανάδυση να αντλήσουμε πληροφορίες για τις φυσικές διαδικασίες, και εάν τελικά μπορεί να είναι μια συνεπής μια αναγωγική θεώρηση στις φυσικές επιστήμες.

Αυτή η προσπάθεια της επιστημονικής κοινότητας να προσεγγίσει τη φιλοσοφία των αναδυόμενων φαινομένων και να απαντήσει στα παραπάνω ζητήματα έχει δημιουργήσει διαφορετικά είδη ανάδυσης. Η έννοια της ανάδυσης έχει διαχυθεί σε πολλούς διαφορετικούς τομείς: φιλοσοφία των επιστημών, φιλοσοφία της φυσικής, φιλοσοφία της νόησης, φιλοσοφία της βιολογίας (Rigato, 2017) και έχει απασχολήσει διαφορετικούς επιστήμονες, με διαφορετικές προσεγγίσεις πάνω στο ζήτημα. Ενδεικτικά αναφέρουμε κάποια από τα βασικά είδη ανάδυσης που προκύπτουν από τη βιβλιογραφία:

Ισχυρή Ανάδυση (Strong Emergence): Αυτή η κατηγορία ανάδυσης είναι εκείνη που συσχετίζεται περισσότερο με τους Βρετανούς πρωτεργάτες του «αναδυτισμού (emergentism)» που αναφέραμε παραπάνω. Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της έννοιας της ανάδυσης έπαιξε το ζήτημα των κριτηρίων για το σαφή διαχωρισμό ανάμεσα σε μικρο και μακρο-ιδιότητες. Η ισχυρή ανάδυση είναι μια κατηγορία της ανάδυσης που υποστηρίζει πως η αδυναμία αναγωγής ενός φαινομένου/ιδιότητας στις ιδιότητες των μερών του δεν είναι απλώς ένα επιστημολογικό χαρακτηριστικό, αλλά και αποτέλεσμα ενός καθαρού οντολογικού διαχωρισμού ανάμεσα στα επίπεδα αυτά. Η εμφάνιση τέτοιας μορφής ανάδυσης είναι συχνή σε βιολογικά συστήματα, και

γενικότερα σε συστήματα που περιέχουν βιολογικά στοιχεία (π.χ. το παγκόσμιο κλίμα).

Έτσι, το βασικό χαρακτηριστικό που καθιστά ένα φαινόμενο ως ισχυρώς αναδυόμενο είναι η «αιτιακή καινοτομία», δηλαδή η εμφάνιση, πέρα από νέων μη αναγωγίσιμων ιδιοτήτων, και αντίστοιχων νόμων που δεν μπορούν να αναχθούν στους νόμους του κατώτερου επιπέδου και *επισυμβαίνουν* σε αυτό, καθορίζοντας τη συμπεριφορά της πιο θεμελιώδους δομής. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται «αιτιότητα προς τα κάτω (downward causation)». Ο O' Conner δίνει τον εξής ορισμό της ισχυρής ανάδυσης:

«Μια ιδιότητα P ενός αντικειμένου O είναι ισχυρά αναδυόμενη εάν η P επισυμβαίνει των ιδιοτήτων των μερών του O, δεν κατέχεται από κανένα από τα μέρη του, είναι διαχωρίσιμη από κάθε δομική ιδιότητα του O και έχει μια ντετερμινιστική επιρροή προς τα κάτω, στο μοτίβο συμπεριφοράς των μερών του O»¹².

Πολλές φορές η ανάδυση αυτού του τύπου ερμηνεύεται ως μια αμφίδρομη διαδικασία. Μια διαδικασία από το μέρος στο όλο, κατά την οποία εμφανίζονται καινοτόμες ιδιότητες και διαφορετικό επίπεδο αλληλεπίδρασης, ταυτόχρονα με μια αιτιότητα από το όλο στο μέρος, στην οποία αυτά τα ολιστικά χαρακτηριστικά του συστήματος δρουν περιοριστικά ως προς τις διαδικασίες στο πιο «τοπικό επίπεδο» (Varela et al., 1993).

Αδύναμη Ανάδυση (Weak Emergence): Αυτή η κατηγορία ανάδυσης έχει προκύψει ως η επικρατούσα στην επιστημονική συζήτηση που αφορά τις επιστήμες της πολυπλοκότητας, τις θεωρίες πολύπλοκων συστημάτων, την αυτο-οργάνωση και την μη γραμμικότητα. Η κατηγορία αυτή της ανάδυσης έχει στον πυρήνα της την ιδέα της μη προβλεψιμότητας, δηλαδή το γεγονός ότι μια ιδιότητα είναι αναδυόμενη όταν είναι ιδιότητα ενός συστήματος, την οποία δεν εμφανίζουν το καθένα από τα μέρη του ξεχωριστά, και η οποία εμφανίζεται απρόσμενα και απρόβλεπτα με βάση τους νόμους που γνωρίζουμε για το θεμελιώδες επίπεδο. Βέβαια, η μη προβλεψιμότητα δεν αποκλείει τη δυνατότητα μιας αναγωγικής προσέγγισης, γι' αυτό και η κατηγορία αυτή ονομάζεται «αδύναμη» ανάδυση, σε αντιπαράθεση με την «ισχυρή» ανάδυση που είδαμε παραπάνω.

Ο ορισμός του Bedeau για την αδύναμη ανάδυση είναι ο εξής:

¹² Bedeau, 1997, σ.375

«Μια μακροκατάσταση P ενός συστήματος S, με ένα μικρο-δυναμικό D, είναι αδύναμη αναδύομενη εάν μπορεί να εξαχθεί από το D και τις συνοριακές συνθήκες του S, αλλά μόνο μέσω προσομοίωσης»¹³,

όπου S είναι ένα σύστημα μικροκαταστάσεων, οι οποίες εξελίσσονται στο χρόνο σύμφωνα με το μικροδυναμικό D, το οποίο είναι τοπικό, με την έννοια ότι η μια μικροκατάσταση ενός συστήματος επηρεάζεται από τις γειτονικές της μικροκαταστάσεις.

Τα παραδείγματα που δίνει ο Badaeu για την αδύναμη ανάδυση αφορούν το “Game of Life” του Conway στα μαθηματικά, δηλαδή το μηχανισμό της εξέλιξης στο χρόνο μιας κυτταρικής δομής και το μοντέλο εξέλιξης της ζωής του Packard, που περιγράφει την εξέλιξη ενός πληθυσμού βάσει της εξελικτικής του μνήμης, δηλαδή της δυνατότητας του να προσαρμόζεται σε εξωτερικές αλλαγές του περιβάλλοντος του. Και στις δύο περιπτώσεις, αναδεικνύεται πως μια μακροκατάσταση των συστημάτων μπορεί να προβλεφθεί μέσα από τις διαδικασίες των μικροκαταστάσεων, αλλά μόνο εάν γνωρίζουμε τις ακριβείς εξωτερικές συνθήκες και προσομοιώσουμε την εξέλιξη τους. Στηρίζει επίσης, πως ακριβώς επειδή οι πληροφορίες για τέτοια φαινόμενα μπορούν να εξαχθούν μόνο μέσω εμπειρικής παρατήρησης στο μακρο-επίπεδο, οι αναδύομενες ιδιότητες διατηρούν την αυτονομία τους σε αυτό, παρά το μηχανισμό που περιγράφει για την εξαγωγή τους μέσω μικροκαταστάσεων και εξωτερικών συνθηκών.

Ο Robert Batterman, που ασχολείται με τα αναδύομενα φαινόμενα στη Φυσική, προσεγγίζει και εκείνος αυτή την κατηγορία ανάδυσης, υποστηρίζοντας ότι το ζήτημα για αυτά δεν είναι η «προς τα κάτω» αιτιότητα, αλλά περισσότερο ότι καταδεικνύουν τα όρια της επεξηγηματικής ισχύος των αναγωγικών θεωρήσεων. Για τον Batterman δηλαδή, μια ιδιότητα ενός πολύπλοκου συστήματος είναι αναδύομενη όταν εμφανίζεται σε οριακά σημεία, που καταρρέουν οι θεωρίες που αφορούν τις δομές στα μικρο-επίπεδα.

Συναφής Ανάδυση (Contextual Emergence): Σύμφωνα με τους Bishop και Atmanspacher, οι περιγραφές των ιδιοτήτων των χαμηλότερων επιπέδων παρέχουν αναγκαίες αλλά όχι ικανές συνθήκες για την περιγραφή ιδιοτήτων ανώτερων

¹³ Badaeu, 1997, σ. 378

επιπέδων. Η απουσία ικανών συνθηκών για αυτή την περιγραφή σημαίνει πως οι «κατώτερες» περιγραφές δεν αρκούν από μόνες τους για να παράγουμε λογικά τις ανώτερες περιγραφές. Έτσι, η αναγωγή ιδιοτήτων στο κατώτερο επίπεδο συναντά σημαντικά προβλήματα, όπως για παράδειγμα το ζήτημα της μοριακής δομής σαν αναδυόμενο χαρακτηριστικό μιας πιο θεμελιώδους κβαντομηχανικής περιγραφής ή το αντίστοιχο της θερμοκρασίας ως αναδυόμενης ιδιότητας μιας θεμελιώδους περιγραφής βασισμένη στη στατιστική μηχανική (Bishop & Atmanspacher, 2006).

Η προσέγγιση της συναφούς ανάδυσης αποτελεί ένα επιστημολογικό εργαλείο προκειμένου να ξεπεραστεί η δυσκολία στην εξήγηση της εμφάνισης ριζικά νέων ιδιοτήτων, αφού οι Bishop και Atmanspacher προτείνουν πως η λύση του ζητήματος είναι η βάση μιας θεμελιώδους περιγραφής σε συνδυασμό «με τον αυστηρό καθορισμό συνθηκών που αντανakλούν συγκεκριμένα ενδεχόμενα σε μια δεδομένη κατάσταση»¹⁴. Πιο συγκεκριμένα, αυτό σημαίνει τον καθορισμό μιας κατάστασης ισορροπίας που βασίζεται στη μακροσκοπική μελέτη ενός συστήματος (π.χ. θερμοδυναμική ισορροπία). Η κατάσταση αυτή χρησιμοποιείται σαν κατάσταση αναφοράς (στην οποία οι μικροκαταστάσεις τείνουν ασυμπτωτικά με μοναδικό τρόπο) και έτσι, μέσα από τις θεμελιώδεις περιγραφές και τον καθορισμό αυτής της κατάστασης, μπορεί να υπάρξει μια αυστηρή μαθηματική διαδικασία μέσω της οποίας μπορούμε να εξάγουμε τις ιδιότητες στο ανώτερο επίπεδο. Τα παραδείγματα που δίνουν στην εργασία τους αφορούν περιγραφές της Φυσικής, όμως τονίζεται και η δυνατότητα προέκτασης της συναφούς ανάδυσης σε τομείς όπως η βιολογία, η ψυχολογία και η σχέση μεταξύ του νοητού και του φυσικού επιπέδου.

Οντολογική ή Επιστημολογική Ανάδυση;

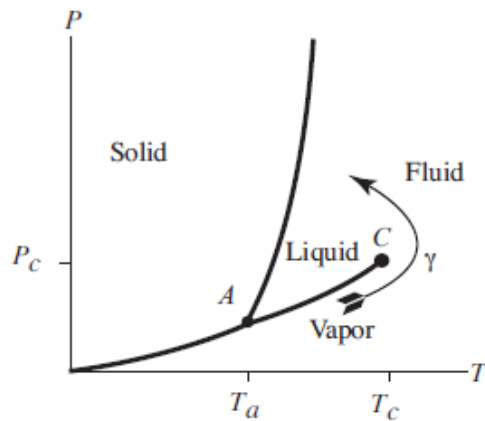
Προκύπτει λοιπόν, μέσα από τη συζήτηση επιστημόνων για την έννοια της ανάδυσης, ένα βασικό ερώτημα για την επιστημολογική και την οντολογική της προέκταση. Η επιστημολογική ανάδυση αναδεικνύει το πρόβλημα του αναγωγισμού των φυσικών θεωριών κατά τη «μετατροπή κλίμακας», δηλαδή κατά τη μετάβαση από τις θεωρίες που αφορούν υψηλότερες ενέργειες (θεμελιώδεις) σε θεωρίες χαμηλότερων ενεργειών (φαινομενολογικές). Πάντα, σε τέτοιες μετατροπές εμφανίζονται κρίσιμα σημεία ή αλλιώς μοναδικότητες, δηλαδή σημεία απειρισμού, που χάνεται η συμμετρία και τα οποία αντιμετωπίζονται σαν αδυναμίες μιας θεωρίας,

¹⁴ Bishop & Atmanspacher, 2006, σ. 1773

αφού φαίνεται πως στα σημεία αυτά χάνει την επεξηγηματική της ισχύ (*Batterman, 2011*). Επομένως, θα μπορούσε κανείς να πει πως η επιστημολογική ανάδυση δεν αντανακλά μια αντίστοιχη οντολογική σχέση ανάμεσα στις ιδιότητες του φυσικού κόσμου, αλλά αποτελεί ένα φαινόμενο «αδυναμίας» των θεωριών μας. Ο Batterman όμως, στον αντίποδα, πιστεύει πως ακριβώς τα μαθηματικά στοιχεία (μοναδικότητες, αποκλίσεις, σπάσιμο συμμετρίας) που εμφανίζονται σε τέτοια κρίσιμα σημεία, μπορούν να αξιοποιηθούν ως πηγές πληροφορίας για τα φυσικά μοντέλα, και να αναδείξουν την ισχύ της ανάδυσης που προκύπτει μέσα από τέτοια κρίσιμα σημεία, τα οποία εμφανίζουν μια καθολικότητα ανάμεσα στα φυσικά φαινόμενα.

Στην εργασία του με τίτλο *Emergence, Singularities and Symmetry Breaking (2010)*, ο Batterman ασχολείται με θέματα της Θεωρίας Συμπυκνωμένης Ύλης και της Κβαντικής θεωρίας πεδίου προκειμένου να αναδείξει τα παραπάνω επιχειρήματα. Οι Laughlin & Pines (*Laughlin, Pines o.a. σε Batterman, 2011*), χρησιμοποιούν τον όρο *προτεκτοράτα (protectorates)* για να περιγράψουν καταστάσεις της ύλης οι οποίες είναι ανεξάρτητες από τις μικρολεπτομέρειες στην κλίμακα υψηλών ενεργειών και μικρών αποστάσεων. Πιο συγκεκριμένα, ο ακριβής ορισμός τους για τα προτεκτοράτα είναι ότι πρόκειται για «σταθερές καταστάσεις της ύλης, των οποίων οι ιδιότητες χαμηλής ενέργειας καθορίζονται από μια αρχή υψηλότερης τάξης και τίποτε άλλο» (*Laughlin, Pines o.a. σε Batterman, 2011*). Η περιγραφή αυτή ταιριάζει και με την περιγραφή του Nelson για σταθερά σημεία. Ο Batterman δίνει μια εξήγηση για το πως και γιατί εμφανίζονται αυτές οι καταστάσεις ύλης, παραθέτοντας παραδείγματα από τη θεωρία συμπυκνωμένης ύλης, που καταδεικνύουν την καθολικότητα των κρίσιμων φαινομένων, σε συνδυασμό με την θεωρία ομαδικής επανακανονικοποίησης (*renormalization group theory*).

Για παράδειγμα, ο Batterman αναφέρει την αλλαγή φάσεων στα ρευστά μέσω του διαγράμματος πίεσης-θερμοκρασίας:

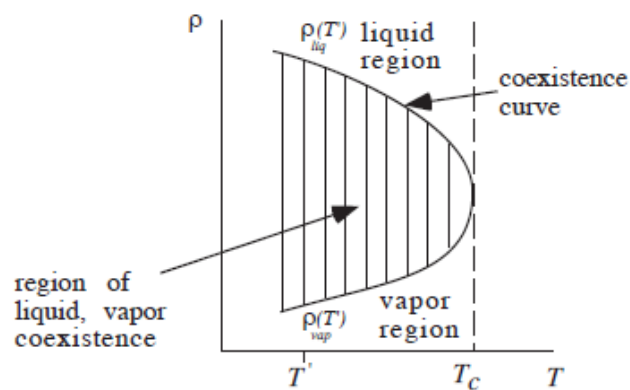


Διάγραμμα Φάσης Πίεσης – Θερμοκρασίας για ένα ρευστό

Οι έντονες γραμμές του διαγράμματος αντιστοιχούν σε καταστάσεις στις οποίες 2 διαφορετικές φάσεις του ρευστού μπορούν να συνυπάρξουν, δηλαδή φάσεις στις οποίες το ρευστό υπόκειται σε μια αλλαγή φάσης πρώτης τάξης. Στο σημείο A οι τρεις φάσεις συνυπάρχουν. Εκεί που παρατηρείται μια περίεργη συμπεριφορά, είναι στο σημείο C. Το διάγραμμα μας δείχνει πως ανάμεσα στις θερμοκρασίες T_a και T_c , δεν υπάρχει τρόπος να περάσουμε από την αέρια στην υγρή φάση χωρίς να «πέσουμε» πάνω στην καμπύλη AC, δηλαδή χωρίς να περάσουμε από μια κατάσταση στην οποία συνυπάρχουν οι δύο αυτές φάσεις. Εντελώς απρόσμενα, πάνω από τη θερμοκρασία T_c , ξαφνικά είναι δυνατή αυτή η αλλαγή φάσης, χωρίς το στάδιο της συνύπαρξης. Η διαδρομή αυτή είναι η διαδρομή γ στο διάγραμμα.

Η θερμοκρασία T_c λοιπόν είναι ένα κρίσιμο σημείο στο οποίο παρατηρούμε μια ποιοτική αλλαγή στη συμπεριφορά του ρευστού: κάτω από αυτήν υπάρχει σαφής διαχωρισμός της υγρής και της αέριας φάσης, ενώ πάνω από αυτήν δεν υπάρχει. Θερμοδυναμικά, η ποιοτική διαφορά ανάμεσα στις διαφορετικές καταστάσεις της ύλης εκφράζεται μέσω μιας μοναδικότητας που εμφανίζεται στην εξίσωση ελεύθερης ενέργειας του συστήματος. Επομένως, θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί πως αυτές οι μαθηματικές μοναδικότητες μας υποδεικνύουν ποιοτικές αλλαγές στις φυσικές καταστάσεις του ρευστού (Batterman, 2011).

Ας δούμε τώρα και το παράδειγμα της καθολικότητας στη συμπεριφορά των ρευστών στο κρίσιμο σημείο. Σε πρώτο επίπεδο, η συμπεριφορά αυτή καθορίζεται από μια παράμετρο πρώτης τάξης, που είναι η διαφορά των πυκνοτήτων της υγρής και της αέριας φάσης: $\psi = |\rho_{liq} - \rho_{vap}|$. Η ποσότητα ψ , σε θερμοκρασίες χαμηλότερες του T_c είναι μη μηδενική ενώ πάνω από αυτήν, γίνεται μηδέν. Αυτό μπορεί να φανεί στο παρακάτω διάγραμμα, όπου η έντονη καμπύλη δείχνει ακριβώς τον αφανισμό της παραμέτρου ψ στη θερμοκρασία T_c .



Για να περιγραφεί η συμπεριφορά όλων των ρευστών γύρω από τα κρίσιμα σημεία, χρησιμοποιούμε την παράμετρο t , δηλαδή την ανηγμένη θερμοκρασία:

$$t = \frac{|T - T_c|}{T_c}$$

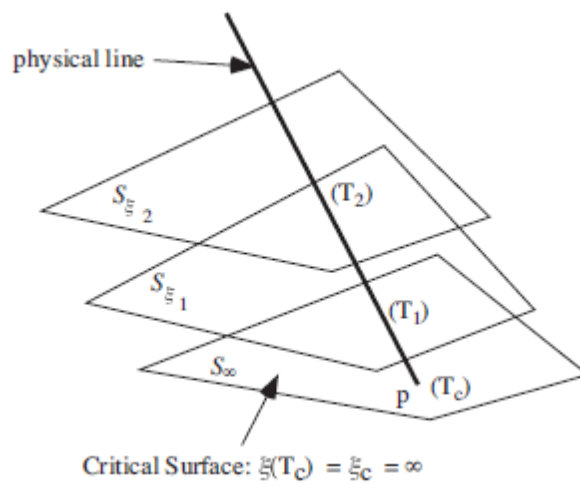
που μας επιτρέπει να συγκρίνουμε τη συμπεριφορά διαφορετικών ρευστών, με εντελώς διαφορετικές μικροδομές, κοντά στο κρίσιμο σημείο τους. Η καθολικότητα εμφανίζεται ακριβώς σε αυτή τη συμπεριφορά, αφού παρατηρείται πως η παράμετρος ψ εξαφανίζεται αναλογικά με μια δύναμη β της ανηγμένης θερμοκρασίας t :

$$\psi \propto t^\beta$$

Ο αριθμός β καθορίζει τη συμπεριφορά της καμπύλης κοντά στο κρίσιμο σημείο, και είναι ένας αδιάστατος αριθμός, κοινός για όλα τα ρευστά, όπου έχει βρεθεί πειραματικά να είναι περίπου 0,33 (Batterman, 2011). Αυτό είναι και ένα στοιχείο καθολικότητας της συμπεριφοράς των ρευστών στο κρίσιμο σημείο.

Πως εξηγείται όμως αυτή η συμπεριφορά; Γιατί οι μεταβλητές ψ σε διαφορετικά υγρά αλλάζουν τη συμπεριφορά τους με ασυνεχή τρόπο , αναλογικά με τον παράγοντα l^{β} ; Η απάντηση σε αυτά τα ερωτήματα έρχεται από την θεωρία της ομάδας επανακανονικοποίησης , η οποία εκμεταλλεύεται το λεγόμενο θερμοδυναμικό όριο, δηλαδή το όριο στο οποίο ο αριθμός των σωματιδίων ενός συστήματος θεωρείται πως τείνει στο άπειρο. Έτσι, εξηγεί την καθολική συμπεριφορά στα κρίσιμα σημεία των ρευστών (αλλά και σε άλλα φαινόμενα αλλαγής φάσεων, όπως στα σιδηρομαγνητικά υλικά), χρησιμοποιώντας τον απειρισμό μιας μικροσκοπικής παραμέτρου, του μήκους αλληλεπίδρασης, δηλαδή της μέγιστης απόστασης που μπορούν να έχουν τα σωματίδια ενός ρευστού ώστε να αλληλεπιδρούν. Επομένως, στην ουσία η ομάδα επανακανονικοποίησης παρέχει σαφή φυσικά και μαθηματικά επιχειρήματα για την αδιαφορία των «προτεκτοράτων» για τις μικρο-διεργασίες σε μικρότερη κλίμακα (Batterman, 2011).

Μια σύντομη περιγραφή του μηχανισμού της ομάδας επανακανονικοποίησης έχει ως εξής: εάν θεωρήσουμε ένα μήκος αλληλεπίδρασης ξ (που είναι το μέσο μήκος μιας φυσαλίδας στα ρευστά ή στα σιδηρομαγνητικά υλικά η απόσταση σε ένα πλέγμα από σπιν , στην οποία αυτά αλληλεπιδρούν και είναι παράλληλα), τότε παρατηρούμε ότι όσο πλησιάζουμε την κρίσιμη θερμοκρασία , αυτό αυξάνεται , ενώ όταν $T = T_c$, το ξ απειρίζεται. Όσο αυξάνεται το ξ , περισσότεροι βαθμοί ελευθερίας του συστήματος είναι συζευγμένοι, λόγω του μεγαλύτερου εύρους αλληλεπίδρασης , οπότε οι εξισώσεις γίνονται όλο και πιο περίπλοκες. Η ομάδα επανακανονικοποίησης στην ουσία είναι μια μέθοδος μείωσης του ξ κατά ένα παράγοντα «χωρικής αναδιανομής» , ώστε το πρόβλημα να γίνει λιγότερο «ατίθασο» . Οι συνεχείς μετατροπές γίνονται μέσω της εξίσωσης: $\tau(\xi_n) = \frac{\xi_n}{b}$.Έτσι, μέσω αυτής της μεθόδου περνάμε σε διαφορετικές αναπαραστάσεις του συστήματος , όπου η καθεμία έχει τη δική της Χαμιλτονιανή H , που αντιστοιχεί σε συστήματα με όλο και μειωμένο ξ . Η πορεία αυτή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

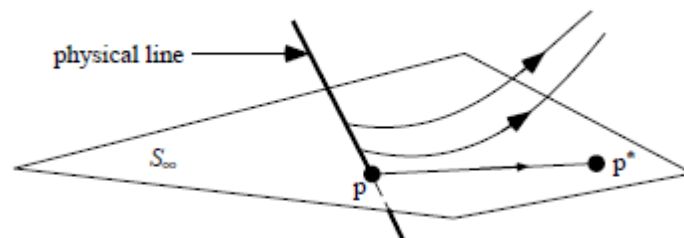


(Batterman, 2011)

Η έντονη γραμμή μας δείχνει την πορεία του συστήματος προς το κρίσιμο σημείο. Η τροχιά αυτή τέμνει τις διάφορες επιφάνειες που συμβολίζουν συστήματα με διαφορετικά ξ , διαφορετικούς βαθμούς ελευθερίας και διαφορετικές χαμιλτονιανές. Το σημαντικό όμως είναι αυτό που συμβαίνει στην επιφάνεια C, δηλαδή στην κρίσιμη κατάσταση του συστήματος. Ο μετασχηματισμός της ομάδας επανακανονικοποίησης, δεν μας πηγαίνει σε σημείο κάποιας άλλης επιφάνειας, αφού:

$$\tau(\xi_c) = \frac{\xi_c}{b} = \frac{\infty}{b} = \infty$$

Δηλαδή, το ξ παραμένει άπειρο, και η μετατροπή αυτή μας οδηγεί σε ένα σημείο της ίδιας επιφάνειας C. Το σημείο αυτό είναι ένα σημείο που μετά από αυτό το μετασχηματισμό παραμένει αμετάβλητο, και αυτή του η ιδιότητα σημαίνει πως μπορούμε να το βρούμε βρίσκοντας τη χαμιλτονιανή που αντιστοιχεί σε αυτό και λύνοντας την εξίσωση: $\tau(H^*) = H^*$. Το σημείο αυτό είναι το σημείο p^* στο παρακάτω σχήμα (Batterman, 2011):



Επομένως, βλέπουμε πως η μέθοδος της ομάδας επανακανονικοποίησης είναι η απόδειξη της σημασίας των μαθηματικών ιδιομορφιών στα κρίσιμα σημεία και της

καθολικότητας των κρίσιμων φαινομένων. Η Χαμιλτονιανή του σταθερού σημείου p^* δεν εξαρτάται από την Χαμιλτονιανή του αρχικού συστήματος, οπότε η συμπεριφορά στην κρίσιμη ζώνη είναι *αδιάφορη* προς τις μικρολεπτομέρειες, ενώ η δυνατότητα εύρεσης αυτού του σταθερού σημείου, στο οποίο τείνουν *όλα τα συστήματα* (των ρευστών ή των σιδηρομαγνητικών υλικών π.χ.), μας δίνεται ακριβώς λόγω του απειρισμού του μήκους αλληλεπίδρασης ξ στην κρίσιμη θερμοκρασία! Οι μοναδικότητες λοιπόν, συμπεραίνει ο Batterman, όχι μόνο δεν είναι θεωρητικές αδυναμίες, αλλά είναι πάρα πολύ σημαντικές αφού αποδεικνύουν ακριβώς ότι *υπάρχουν* καταστάσεις της ύλης και αναδυόμενα φαινόμενα που είναι *ανεξάρτητα* από τις μικρολεπτομέρειες και παρουσιάζουν μια καθολικότητα. Κατά συνέπεια, ως επέκταση του συλλογισμού αυτού, η ανάδυση είναι μια σχέση που αφορά τα αντικείμενα του φυσικού κόσμου, και επομένως και τις επιστημονικές θεωρίες και τα μοντέλα που τα περιγράφουν.

Ανάδυση και Διαλεκτική

Ο *Lucien Seve*, όπως αναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, έχει ασχοληθεί εντατικά με την διαλεκτική προσέγγιση της ανάδυσης. Στο άρθρο του *Dialectics of Emergence*, το βασικό ερώτημα που θέτει είναι εάν η έννοια της ανάδυσης, είναι μια έννοια «στην ουσία της διαλεκτική» (*Seve, 2008*). Αν και ο σκοπός της εργασίας μας είναι διαφορετικός, αξίζει να αναφέρουμε μερικά βασικά σημεία που σκιαγραφούν τη σχέση μεταξύ της ανάδυσης και του διαλεκτικού τρόπου σκέψης.

Αρχικά, εξετάζοντας τη σχέση μεταξύ ενός συνόλου και των μερών του, τα αναδυόμενα φαινόμενα, σε όλες τις εκφάνσεις που περιγράψαμε και εμείς παραπάνω, προτείνουν μια αμοιβαία αλληλεπίδραση ανάμεσα σε αυτές τις δύο κατηγορίες: ένα ορισμένο επίπεδο οργάνωσης της ύλης υπάρχει βασισμένο στους νόμους που διατρέχουν τη βάση του, όμως παρόλαυτα δρα *υπερθετικά* σε αυτό και έτσι στην ουσία «επιλέγει» ανάμεσα στις διαθέσιμες πιθανότητες που θέτουν αυστηρά οι νόμοι αυτοί. Αυτό για τον *Seve* είναι ένα παράδειγμα *διαλεκτικής αντιστροφής*, που οδηγεί σε μια πιο πολύπλοκη κατανόηση του υλισμού, ενώ έρχεται σε συμφωνία και με τη θεώρηση του *Marx*, ότι οι νόμοι της φύσης δε μπορούν να καταργηθούν, όμως η μορφή με την οποία εμφανίζονται μπορεί να αλλάξει (*Seve, 2008*).

Περαιτέρω, εξετάζοντας το νόμο του πέρασματος από την ποσότητα στην ποιότητα, φαίνεται πως σύμφωνα με τον Hegel, το πέρασμα σε μια νέα ποιότητα δεν είναι απότομο αλλά εστιγμένο (punctuated), δηλαδή προκύπτει πάντα σε ένα συγκεκριμένο σημείο μιας ποσοτικής μεταβολής, μετά το πέρασμα του οποίου δεν μπορούν να υπάρξουν πια οι συνθήκες για τη διατήρηση μιας δεδομένης ποιότητας. Σύμφωνα με τον Hegel λοιπόν, μια συνεχής μεταβολή της ποσότητας οδηγεί σε μια εστιγμένη μεταβολή της ποιότητας (κάτι τέτοιο είναι εμφανές και στο παράδειγμα των ρευστών που αναφέραμε), και εδώ ο Seve βρίσκει ένα σημαντικό επιχείρημα για τη σχέση αυτού του διαλεκτικού νόμου με τα αναδυόμενα φαινόμενα. Περαιτέρω, αυτό καταδεικνύει πως οι δύο ποιότητες είναι *αδιάφορες* η μία προς την άλλη, δηλαδή «η μία δεν αναδύθηκε μέσα από την άλλη, αλλά μέσα από τον εαυτό της» (Hegel, *ο.α. σε Seve, 2008, σ. 93*). Αυτό σημαίνει πως η ποιοτική αλλαγή δεν είναι ολοκληρωτική, αλλά αυτό που εξελίσσεται, και χάρη στην εξέλιξη του οποίου εμφανίζονται νέες ποιότητες, είναι η *οργάνωση* της ύλης, δηλαδή οι συνεχώς εξελισσόμενες σχέσεις μεταξύ των δομικών μονάδων ενός συνόλου. Έτσι γίνεται αντιληπτό πως το πέρασμα από τα διαφορετικά επίπεδα οργάνωσης της πραγματικότητας (μικρόκοσμος – μακρόκοσμος) γίνεται με άλματα, με νέους νόμους και ιδιότητες των φυσικών αντικειμένων σε κάθε επίπεδο.

Μια αντίστοιχη προσπάθεια συναντάμε και από τον Poe Yu-Ze Wan (Wan, 2012) στο άρθρο του *Dialectics, Complexity and the Systemic Approach: Toward a Critical Reconciliation*. Εκεί, προσπαθώντας να κριτικάρει τις απόψεις του Mario Bunge για τη διαλεκτική, ερευνά τη σχέση της με την έννοια της ανάδυσης, για να καταλήξει πως η διαλεκτική μπορεί να λειτουργήσει ως, όπως ανέφερε και ο Gould, μια γενικότερη φιλοσοφία αλλαγής που θα αναδεικνύει ζητήματα όπως αυτά της πολυπλοκότητας, της ενδεχομενικότητας και της ανάδυσης, σε ένα προ-θεωρητικό επίπεδο. Αυτό θα βοηθούσε, κατ' εκείνον, τους επιστήμονες που ασχολούνται με την εξέλιξη συστημάτων, να βελτιώσουν την μεθοδολογία τους σε θεωρητικό και σε πρακτικό επίπεδο.

Αξίζει επίσης να αναφέρουμε και τις θέσεις του Richard Levins, στο άρθρο του *Dialectics and Systems Theory (1998)*, όπου επιχειρηματολογεί για το πως μια πιο διαλεκτική κατανόηση και επιστημονική πρακτική μπορεί να ανοίξει νέους δρόμους για την μοντελοποίηση και την ερμηνεία των μη γραμμικών φαινομένων, στα οποία η ανάδυση παίζει κεντρικό ρόλο. Σύμφωνα με τον Levins, η κουλτούρα του

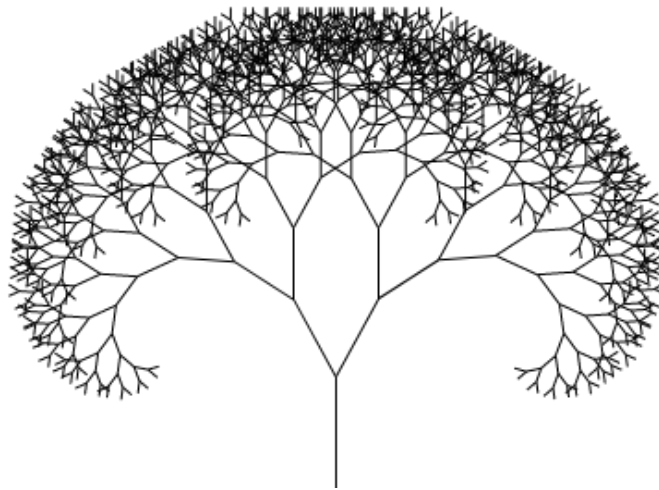
αναγωγισμού στην επιστήμη δημιουργεί μια τάση προσέγγισης τέτοιων φαινομένων και δημιουργίας μοντέλων (χαρακτηριστικά αναφέρεται στη δημιουργία μοντέλων εξέλιξης μιας επιδημίας), όπου το βασικό ερώτημα είναι ποιες μεταβλητές μπορούμε να παραλείψουμε χωρίς να χάσουμε τη δυνατότητα κατανόησης ενός συστήματος, προκειμένου να στηριχτούμε μόνο σε σκληρά ποσοτικά, και όχι σε ποιοτικά δεδομένα. Όμως για τον Levins, η διαλεκτική απάντηση σε αυτό είναι πως δεν θα έπρεπε να υπάρχει τέτοια ιεραρχική σχέση ποσότητας και ποιότητας στην επιστήμη, καθώς αυτό που χαρακτηρίζει ένα σύστημα είναι η δομή του και οι διαδικασίες που δίνουν νόημα στα μέρη του, το καθιστούν συναφές και εν τέλει, μέσω της ανάδυσης, το μετατρέπουν σε κάτι νέο. Ο Levins μάλιστα αναφέρει πως *«τα διαλεκτικά σύνολα δεν χαρακτηρίζονται από κάποια ανώτερη οργανωτική αρχή όπως η αρμονία ή η μέγιστη αποδοτικότητα»*¹⁵, κάτι που συναντάμε και στην εργασία του Batterman για την ανάδυση όπου χαρακτηριστικά αναφέρει πως η ανάλυση του για την ύπαρξη και τον τρόπο εμφάνισης των προτεκτοράτων *«πάει παραπέρα από κάθε ανεξήγητη ροπή προς μια ανώτερη οργανωτική αρχή»*¹⁶.

¹⁵ Levins, 1998, σ.387

¹⁶ Batterman, 2011, σ.1037

4. Ανάδυση στη Σύγχρονη Επιστήμη

Στο κεφάλαιο αυτό, θα εξετάσουμε τρία παραδείγματα σύγχρονων επιστημονικών θεωριών από τα μέσα και τα τέλη του 20^{ου} αιώνα: τη θεωρία της Εστιγμένης Ισορροπίας στην εξέλιξη των ειδών, την Ιστορική Ενδεχομενικότητα στην επιλογή των θεωριών και τη Θεωρία του Χάους στα μαθηματικά. Μέσα από τη μελέτη τους επιδιώκουμε να αναδείξουμε τα βασικά χαρακτηριστικά της έννοιας της ανάδυσης, όπως την ενδεχομενικότητα, την στοχαστικότητα και τη μη προβλεψιμότητα όπως αυτά προκύπτουν μέσα από τις θεωρίες αυτές.



4α. Stephen Jay Gould & Niles Eldredge – Εστιγμένη Ισορροπία (Punctuated Equilibria)

Μια από τις πιο ριζοσπαστικές θεωρίες στο χώρο των φυσικών επιστημών του 20^{ου} αιώνα, είναι η θεωρία της εστιγμένης ισορροπίας (*punctuated equilibria*) των Stephen Gould και Niles Eldredge στην εξελικτική βιολογία. Η θεωρία των Gould και Eldredge αναλύεται σε δύο βασικά άρθρα τους στα περιοδικά *Models In Paleobiology* (1972) και *Paleobiology* (1977) και πρόκειται για μια αντιπρόταση σε μια μακροχρόνια παράδοση της επιστημονικής κουλτούρας της εξελικτικής βιολογίας, αυτή του Δαρβινικού *φυλετικού γκραντουαλισμού*, δηλαδή της αργής και σταδιακής εξέλιξης των ειδών στο πέρασμα του χρόνου. Η *εστιγμένη ισορροπία* βασίζεται στην ιδέα ότι η εξέλιξη των ειδών αποτελείται από μικρές χρονικές περιόδους ταχείας αλλαγής, οι οποίες ακολουθούνται από μεγάλες περιόδους ισορροπίας (*stasis*). Το μοντέλο αυτό είχε μια σειρά από σοβαρές επιπτώσεις στην ερμηνεία δεδομένων και μοντέλων που αφορούν την εξελικτική βιολογία και έθεσε ένα πολύ σημαντικό ζήτημα για την επιστήμη αυτή αλλά και για τις φυσικές επιστήμες γενικότερα: την άμεση αλληλεπίδραση ανάμεσα στη φιλοσοφία, την επιστημονική κουλτούρα και την επιστημονική μέθοδο και πρακτική. Όπως θα δούμε παρακάτω, η ανάλυση των Gould και Eldredge, επικεντρώνεται σε ένα μη γραμμικό και ασυνεχή τρόπο εξέλιξης των ειδών, βασισμένο στο μηχανισμό της *αλλοπατρικής ειδογένεσης* (*allopatric speciation*), που με τη σειρά του αναδεικνύει τα όρια της ισχύος της Δαρβινικής θεωρίας της *φυσικής επιλογής* για την εξέλιξη.

Φυλετικός Γκραντουαλισμός

Το επιστημονικό «τοπίο» της εξελικτικής βιολογίας μέσα στο οποίο οι Gould και Eldredge θεμελίωσαν τη θεωρία τους, είχε σαν βασική ιδέα το φυλετικό γκραντουαλισμό (*phyletic gradualism*), δηλαδή την αργή και βαθμιαία ανάπτυξη των ειδών. Η εικόνα αυτή πηγάζει από το περίφημο έργο του Δαρβίνου *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* (1859). Οι μηχανισμοί που μπορούν να προκύψουν νέα είδη, όπως αναλύονται από το Δαρβίνο, είναι είτε μέσω φυλετικής εξέλιξης, δηλαδή της μετατροπής ενός ολόκληρου πληθυσμού από μια κατάσταση σε

μια άλλη (*Eldredge & Gould, 1972*), ή μέσω της *ειδογένεσης (speciation)*, δηλαδή τη διακλάδωση μιας αλληλουχίας προγόνων (γενεαλογικής σειράς). Ωστόσο, ο *Mayr (1959)* είχε παρατηρήσει πως ο Δαρβίνος στηρίζει την ανάλυση του περισσότερο σε όρους φυλετικής εξέλιξης, ακόμα και όταν αναφέρεται σε γεγονότα ειδογένεσης. Το σπάσιμο μιας γενεαλογικής αλυσίδας για τον Δαρβίνο είναι κι αυτό μια αργή και βαθμιαία διαδικασία που δημιουργεί μια προοδευτική απόκλιση ανάμεσα στις μορφολογίες των οργανισμών. Άρα, το αποτέλεσμα των δύο μηχανισμών είναι στην ουσία το ίδιο, αφού καταλήγουν στη δημιουργία εξαιρετικά μεγάλων και συνεχών αλυσίδων από ενδιάμεσες μορφές ανάμεσα σε προγονικά και επιγονικά είδη. Με βάση τη Δαρβινική θεωρία, οι *Eldredge* και *Gould* αναλύουν στην εργασία τους τα βασικά σημεία του φυλετικού γκραντουαλισμού: νέα είδη προκύπτουν από την αργή και «ισοκατανεμημένη» μετατροπή ενός προγονικού πληθυσμού σε γενετικά τροποποιημένους απογόνους. Η μετατροπή αυτή αφορά μεγάλες ομάδες πληθυσμών, συνήθως ολόκληρο τον προγονικό πληθυσμό, και συμβαίνει στο μεγαλύτερο μέρος της γεωγραφικής κατανομής του (*Eldredge & Gould, 1972*).

Αυτή η θεώρηση της εξέλιξης των ειδών είχε μια σειρά από σημαντικές επιπτώσεις, ιδιαίτερα στον κλάδο της παλαιοντολογίας, δηλαδή της μελέτης του αρχείου των απολιθωμάτων, με σκοπό να εξαχθούν δεδομένα για τη μορφολογία παλαιότερων ειδών. Συγκεκριμένα, η εικόνα του φυλετικού γκραντουαλισμού, σήμαινε πως στα απολιθώματα ενός νέου είδους, θα έπρεπε να βλέπουμε μια συνεχή σειρά από ενδιάμεσες μορφές, που συνδέουν προγόνους με απογόνους. Έτσι, με αυτή την οπτική, κάθε μορφολογικό «κενό» στην αλληλουχία αυτή, θα πρέπει να οφείλεται στην ανεπάρκεια των δεδομένων: «*το γεωλογικό αρχείο είναι εξαιρετικά ατελές και αυτό μας εξηγεί γιατί δεν βρίσκουμε ατελείωτες ποικιλίες που να συνδέουν τις εξαφανισμένες και τις υπάρχουσες μορφές ζωής*» (*Darwin, 1859, σ.342, ο.α. σε Eldredge & Gould, 1972, σ.87*). Επίσης, λόγω της εικόνας αυτής, η εξελικτική στασιμότητα, δηλαδή περίοδοι που δεν παρατηρούνται μεγάλες μορφολογικές αλλαγές σε κάποιο πληθυσμό, παρόλο που αναγνωρίζεται στα δεδομένα της στρωματογραφίας, θεωρείται από τους εξελικτικούς βιολόγους ως ανάξια μελέτης (*Gould & Eldredge, 1977*).

Το πρόβλημα που εντόπισαν λοιπόν, είναι πρωταρχικά πως η προσέγγιση αυτή, καθιστά την εικόνα του φυλετικού γκραντουαλισμού μη διαψεύσιμη. Η εικόνα αυτή παρέχει μια τάση για ερμηνεία των γεωλογικών δεδομένων με ένα συγκεκριμένο

τρόπο, αφού προϋποθέτει πως οι ακολουθίες που παρουσιάζουν κενά στο αρχείο απολιθωμάτων τους, δεν προσφέρονται για εξελικτικά συμπεράσματα. Με αυτό τον τρόπο, όμως, εάν τα κενά αυτά είναι πραγματικά, και όχι αποτέλεσμα κάποιας ατέλειας στη συλλογή δεδομένων, τότε η εικόνα του φυλετικού γκραντουαλισμού έχει καταφέρει να αποκλείσει από την έρευνα τα ίδια τα στοιχεία που μπορούν να τη θέσουν υπό αμφισβήτηση.

Αυτό που εντοπίζουν οι Eldredge και Gould, είναι πως η εικόνα αυτή είναι μια προέκταση των μηχανισμών επιλογής, που λειτουργούν στα πλαίσια των μορφολογικών ποικιλιών εντός ενός πληθυσμού, σε ένα μοντέλο μεγαλύτερης κλίμακας για την αναπαράσταση της εξέλιξης των ειδών. Συγκεκριμένα, αυτή η προέκταση γίνεται με τη χρήση του μηχανισμού της «ορθοεπιλογής», δηλαδή της ιδέας πως ένα είδος προσαρμόζεται στις συνεχείς αλλαγές του περιβάλλοντος του, κάνοντας διαρκείς προσαρμογές που ακολουθούν μια εξελικτική «τάση», δηλαδή μια κοινή κατεύθυνση αλλαγής των χαρακτηριστικών του. Όμως αυτή η θεώρηση, δηλαδή των μηχανισμών επιλογής στο επίπεδο της εξέλιξης των ειδών, απέκλειε το συσχετισμό του μηχανισμού της ειδογένεσης με άλλους τομείς, όπως γεωλογικές διαδικασίες, ο οποίος θα προσέφερε μια καλύτερη ερμηνεία των κενών που παρατηρούνται στα παλαιοντολογικά δεδομένα. Η άποψη τους αυτή μάλιστα, στηρίζεται και από το γεγονός ότι στην πραγματικότητα, τα στοιχεία που υπάρχουν αποδεικνύουν πως οι αδιάκοπες και ανεπαίσθητα βαθμωτές ακολουθίες απολιθωμάτων, είναι κάτι εξαιρετικά σπάνιο και δε μπορεί να αποτελεί τη βασική εικόνα που έχουμε για την εξέλιξη των ειδών. Αντίθετα, δημιουργεί προβλήματα στην ερμηνεία των εμπειρικών δεδομένων, και επίσης εμποδίζει μια καλή αξιολόγηση των ρυθμών και των τρόπων της εξέλιξης.

Εστιγμένη Ισορροπία

Σε μια πορεία από το γενικό προς το ειδικό, θα λέγαμε πως η θεωρία των Gould και Eldredge, είναι μια γενικότερη εικόνα για τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η εξέλιξη των ειδών, βασισμένη στην κατανομή των ρυθμών της στο πέρασμα του χρόνου. Η κεντρική ιδέα γύρω από το μοντέλο τους, που ονόμασαν *εστιγμένη ισορροπία*, βασίζεται στο γεγονός ότι τα εμπειρικά δεδομένα της παλαιοντολογίας

φανερώνουν μοτίβα γεωγραφικής και στρατιγραφικής κατανομής των ειδών και ρυθμούς και κατευθύνσεις μορφολογικών μεταβολών, που είναι συμβατά με μια συγκεκριμένη θεωρία ειδογένεσης, την *αλλοπατρική ειδογένεση*.

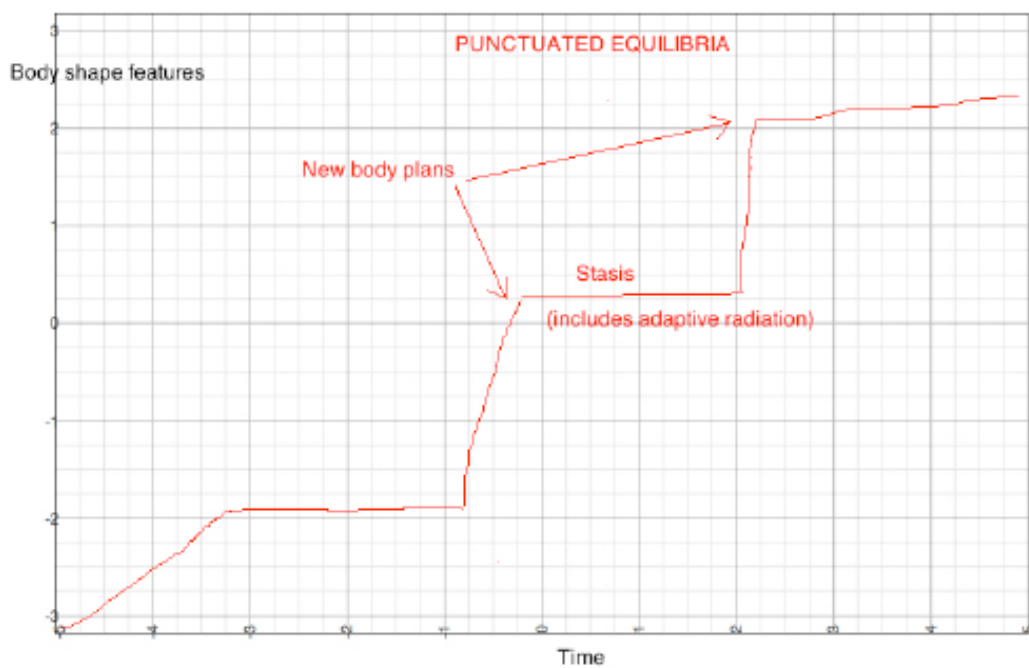
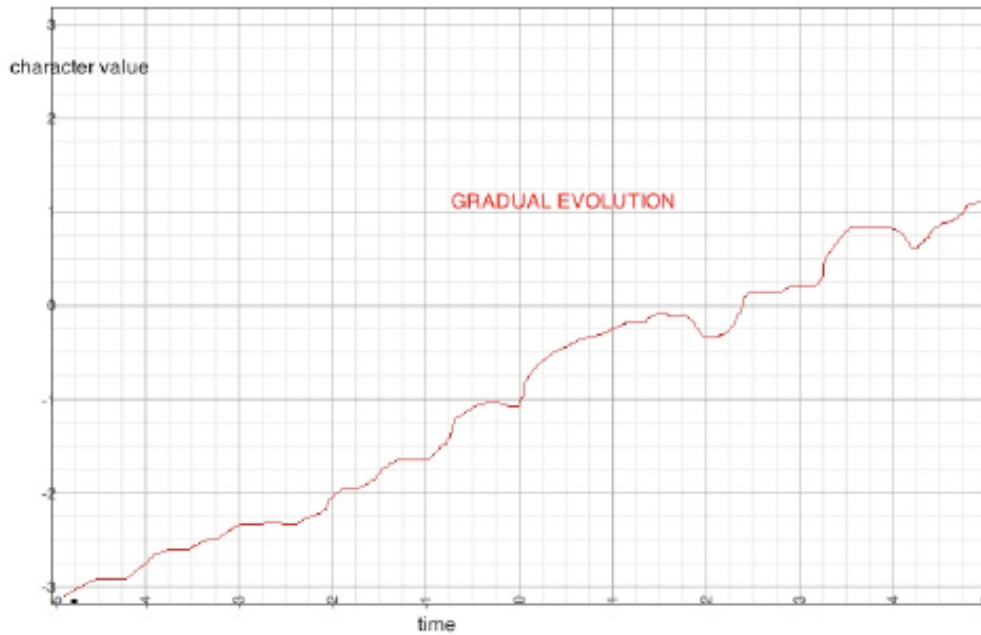
Η αλλοπατρική ειδογένεση (*allopatric speciation*) είναι ένας μηχανισμός ειδογένεσης σύμφωνα με τον οποίον μπορούν να προκύψουν νέα είδη μόνο όταν ένας μικρός, τοπικός πληθυσμός απομονωθεί γεωγραφικά από το μητρικό του είδος. Τότε, αυτός ο μικρός πληθυσμός (που ονομάζεται με τον όρο *περιφερειακά απομονωμένα στελέχη*) μετατρέπεται σε ξεχωριστό είδος εφόσον λειτουργούν ισχυροί απομονωτικοί μηχανισμοί, που εμποδίζουν τη γονιδιακή ροή ανάμεσα στο είδος αυτό και στους προγόνους του. Αυτή η διαδικασία έχει μια άμεση συνέπεια για τα παλαιοντολογικά δεδομένα, αφού σημαίνει ότι τα απολιθώματα νέων ειδών δεν θα βρίσκονται στην ευρύτερη γεωγραφική περιοχή που έζησε το προγονικό είδος (*Eldredge & Gould, 1972*). Άλλη μια σημαντική συνέπεια αφορά το χρόνο εμφάνισης των μορφολογικών διαφορών ανάμεσα στα είδη, καθώς ένας τέτοιος μηχανισμός σημαίνει πως τα χαρακτηριστικά που διαχωρίζουν τα δύο είδη πρέπει να εμφανίζονται σχεδόν αμέσως μετά από ένα γεγονός γεωγραφικής απομόνωσης, αφού μετά θα αρχίσουν να δρουν οι μηχανισμοί της φυσικής επιλογής που θα φέρουν την ισορροπία ανάμεσα στον πληθυσμό και το περιβάλλον του. Επομένως, σε αντιπαράθεση με το μοντέλο του φυλετικού γκραντουαλισμού, λόγω αλλοπατρικής ειδογένεσης το μοτίβο των απολιθωμάτων αναμένεται να παρουσιάζει κενά, ενώ και οι περίοδοι εξελικτικής στάσης αποτελούν απόρροια της θεωρίας και άρα τα αντίστοιχα δεδομένα είναι άξια μελέτης (*Gould & Eldredge, 1977*).

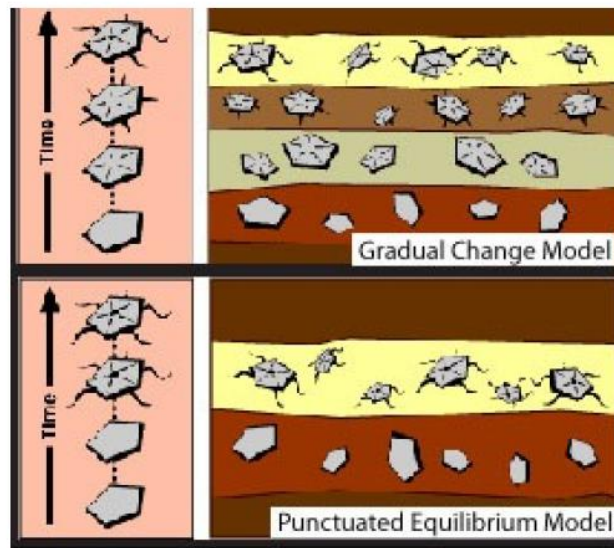
Έτσι, η εικόνα της **εστιγμένης ισορροπίας** για την εξέλιξη διαμορφώνεται στις εξής προτάσεις: **«Τα νέα είδη προκύπτουν από τη διακλάδωση μιας γενεαλογίας, αναπτύσσονται γρήγορα, εμφανίζονται μέσα από έναν υποπληθυσμό του είδους και πρωτοεμφανίζονται σε μια μικρή περιοχή του γεωγραφικού εύρους στο οποίο εκτείνεται το προγονικό είδος»¹⁷**. Τι σημαίνει αυτό λοιπόν για τα μορφολογικά δεδομένα; Ότι σε μια τοπική περιοχή που περιέχει το προγονικό είδος, τα απολιθώματα του νέου είδους θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από οξείες, απότομες μορφολογικές αλλαγές σε σχέση με αυτά του είδους καταγωγής τους. Αυτές οι αλλαγές φανερώνουν την γεωγραφική απομόνωση του νέου είδους, και είναι αυτές

¹⁷ *Eldredge & Gould, 1972, σ.96*

που δημιουργούν τα κενά στο αρχείο απολιθωμάτων, που πρέπει να αντιμετωπίζονται ως αληθινά, καθώς φανερώνουν ακριβώς τι συνέβη σε μια γεωγραφική περιοχή ανά το πέρασμα του χρόνου, και όχι ως ατέλειες του ίδιου του αρχείου.

A: Φυλετικός Γκραντουαλισμός (πάνω) και Εστιγμένη Ισορροπία (κάτω): μεγάλοι περίοδοι στάσης (τάξης μεγέθους $\times 10^8$ y), όπου τα είδη προσαρμόζονται στο περιβάλλον τους, διακόπτονται από γρήγορα ($\times 10^6$ y) φαινόμενα εξελικτικής αλλαγής (ειδογένεση, αφανισμός κλπ) (Huneman, 2017)



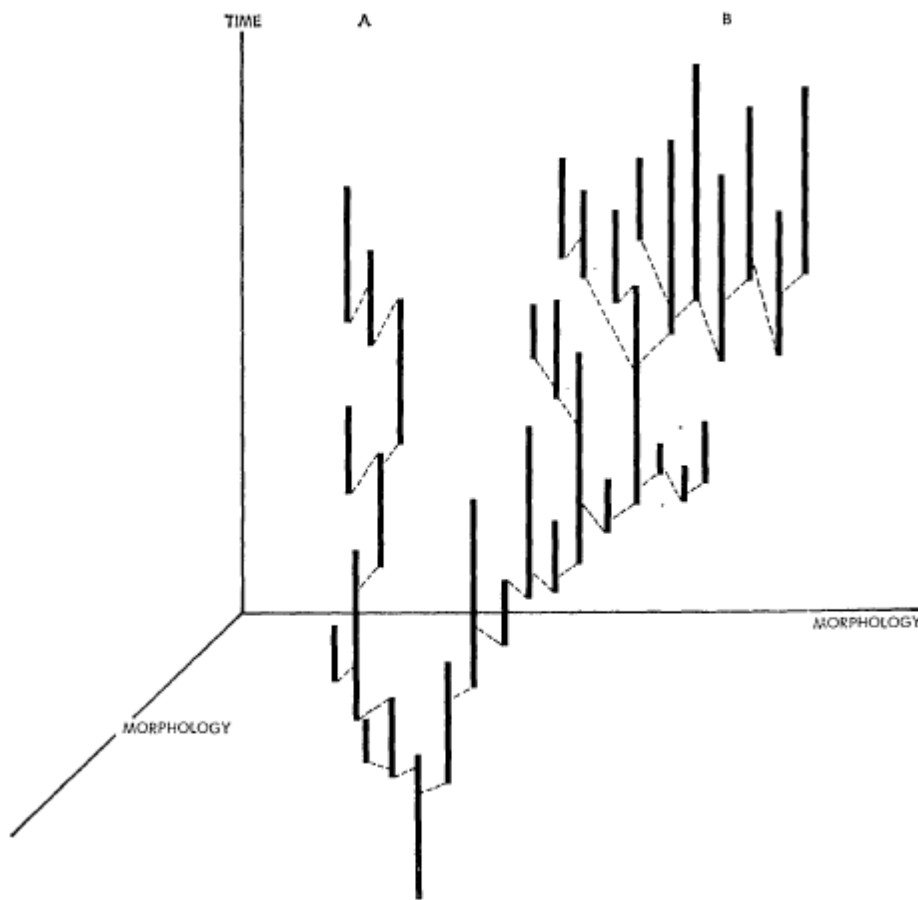


B: Στρατιγραφικές συνέπειες των δύο μοντέλων (Huneman, 2017)

Βλέπουμε λοιπόν πως η εικόνα της εστιγμένης ισορροπίας διαμορφώνει ένα εντελώς καινούριο τοπίο με άμεσες συνέπειες στην επιστημονική πρακτική, αφού προτείνει έναν επαναπροσανατολισμό της εμπειρικής δουλειάς της παλαιοντολογίας, προς τον έλεγχο των μορφολογικών μοτίβων ενός πληθυσμού και τη σύνδεση τους με γεγονότα που υποδεικνύουν αλλοπατρική ειδογένεση. Έτσι στα άρθρα τους παραθέτουν μια ποικιλία από εμπειρικά δεδομένα και γενεαλογικές αλληλουχίες για να αποδείξουν τη συμφωνία με τη θέση τους, είτε αυτά ήταν προηγουμένως ασύμβατα με το γκραντουαλισμό, είτε και σε περιπτώσεις που αυτά συμφωνούν με τον γκραντουαλισμό.

Μια άλλη ριζοσπαστική συνέπεια της θεωρίας είχε να κάνει με την εξήγηση του φαινομένου των εξελικτικών τάσεων. Μάλιστα, οι ίδιοι οι συγγραφείς αναφέρουν πως αυτό αποτελούσε και το πιο ενθουσιώδες σημείο της θεωρίας τους (Gould & Eldredge, 1977). Το επιχείρημα τους βασίζεται σε ένα συμπέρασμα του Sewall Wright (1967), ο οποίος πρότεινε πως όπως οι μεταλλάξεις είναι στοχαστικές σε σχέση με την επιλογή μέσα σε ένα πληθυσμό, έτσι και οι ειδογενέσεις μπορούν να είναι στοχαστικές σε σχέση με τις εξελικτικές τάσεις, δηλαδή τις μεγάλης χρονικής διάρκειας και κοινής κατεύθυνσης αλλαγές. Όπως είδαμε και παραπάνω, η εικόνα για τις τάσεις εώς τότε διαμορφωνόταν σαν μια προέκταση του γκραντουαλισμού στα φαινόμενα της εξέλιξης σε μεγαλύτερη κλίμακα, που έχει στον πυρήνα της το μηχανισμό της ορθοεπιλογής. Όμως με την καινούρια θεώρηση της εστιγμένης ισορροπίας, προσφέρεται και μια νέα εικόνα για αυτά τα φαινόμενα: « φανταζόμαστε πολλαπλούς πειραματισμούς και εισχωρήσεις, σε στοχαστική βάση, των περιφερειακά

απομονωμένων στελεχών σε νέα περιβάλλοντα. Δεν υπάρχει κάτι εγγενώς κατευθυντήριο σε αυτές τις εισχωρήσεις. Όμως, ένα υποσύνολο από αυτά τα περιβάλλοντα μπορεί να οδηγήσει σε [...] νέα και βελτιωμένη αποτελεσματικότητα. Η βελτίωση θα είναι συνεχώς μεγαλύτερη μέσα σε αυτό το υποσύνολο των τοπικών συνθηκών. Έτσι, το συνολικό αποτέλεσμα θα είναι ένα πλέγμα από μεταβολές κοινής κατεύθυνσης, στο οποίο όμως οι αρχικές μεταβολές είναι στοχαστικές»¹⁸.



Γ: Μοτίβο σταθερότητας (A) και μοτίβο εξελικτικής τάσης (B) με γεγονότα ειδογένεσης (διακεκομμένη γραμμή) και στάσης (Eldredge & Gould, 1972).

¹⁸ Eldredge & Gould, 1972, σ.112

Μικροεξέλιξη και Μακροεξέλιξη: Η Εστιγμένη Ισορροπία ως αναδυόμενο φαινόμενο

Για τις ανάγκες της εργασίας μας, πρέπει να εξετάσουμε τη σχέση της εστιγμένης ισορροπίας με το φαινόμενο της ανάδυσης. Μια πρώτη θεωρητική προσέγγιση πάνω σε αυτό το ζήτημα θα ήταν να εξετάσουμε τη σχέση ανάμεσα στις θεωρίες που αφορούν την μικρο-εξέλιξη και την μακρο-εξέλιξη, ώστε να δούμε αν πράγματι η εξέλιξη των ειδών, δηλαδή σε μεγάλη χρονική κλίμακα, προκύπτει ως αναδυόμενο φαινόμενο μέσα από τις διαδικασίες της εξέλιξης σε μικρότερη χρονική κλίμακα. Για να συμβαίνει κάτι τέτοιο, θα πρέπει στις μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες να παρατηρούμε εξελικτικούς μηχανισμούς και φαινόμενα που διαφέρουν ριζοσπαστικά από την εξέλιξη σε χαμηλότερη κλίμακα. Πράγματι, μέσα από τη βιβλιογραφία των τελευταίων τεσσάρων δεκαετιών, δηλαδή από τη γέννηση της εστιγμένης ισορροπίας, παρατηρείται μια τέτοια ανάγνωση της εξέλιξης.

Η *μικρο-εξέλιξη* λοιπόν, αφορά την εξέλιξη του πληθυσμού ενός είδους σε μια σχετικά μικρή χρονική κλίμακα, της τάξης των γενεών (*Wosniack et al. , 2017*). Οι μηχανισμοί που περιγράφουν τις διαδικασίες σε αυτό το επίπεδο, είναι μηχανισμοί βαθμιαίας αλλαγής των πληθυσμών, που αφορούν τις γονιδιακές μεταλλάξεις, την αλληλεπίδραση μεταξύ των πληθυσμών, και την προσαρμοστικότητα τους σε ένα περιβάλλον. Οι παράγοντες αυτοί προκαλούν την ποικιλομορφία στο γονιδίωμα ενός πληθυσμού και τακτοποιούνται (*Mayr, o.a. σε Gontier, 2015*) μέσα από τους μηχανισμούς της φυσικής επιλογής (fitness, competition). Σαν κεντρική ιδέα λοιπόν της μικροεξέλιξης είναι πως στο πέρασμα από γενιά σε γενιά ενός πληθυσμού, μπορούμε να προσεγγίσουμε τις αιτίες των αλλαγών εξετάζοντας το φαινόμενο της γενετικής παρέκκλισης (αλλαγές συχνότητας εμφάνισης των γονιδίων στο γονιδίωμα ενός πληθυσμού) και τους μηχανισμούς της φυσικής επιλογής. Η *μακρο-εξέλιξη*, από την άλλη, αφορά την εξέλιξη σε επίπεδο ανώτερο από αυτό των πληθυσμών ενός είδους, την διαφοροποίηση ανάμεσα σε ανώτερες ταξινομικές ομάδες και φαινόμενα όπως οι αφανισμοί, η καταγωγή και η απόκλιση των εξελικτικών κλάδων, που γενικά αφορούν μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες. Στο κέντρο της μακροεξέλιξης βρίσκεται η ειδογένεση, η μελέτη και η ερμηνεία των μηχανισμών της, που βασίζεται στα εμπειρικά δεδομένα που παρέχονται από το αρχείο απολιθωμάτων, και συνδέουν τις σημερινές ταξινομικές ομάδες με αρχαιότερες.

Το βασικό ερώτημα που προκύπτει από τη βιβλιογραφία, και αποτελεί αντικείμενο έρευνας μέχρι και σήμερα (Gontier, 2015, Huneman, 2017, Wosniack et al., 2017) είναι η σχέση ανάμεσα στους μηχανισμούς αυτούς της μικρο- και μακρο-εξέλιξης. Μπορούμε να διατηρήσουμε τους νόμους και τις αρχές της μικροεξέλιξης σε μια αλλαγή χρονικής κλίμακας, ώστε να προσεγγίσουμε τα φαινόμενα σε ανώτερες ταξινομικές βαθμίδες, όπως (μέσα σε άλλα) η ειδογένεση, οι αφανισμοί, ή οι ρυθμοί της εξέλιξης των ειδών; Η κλασική απάντηση σε αυτό το ερώτημα, που καθορίζει και το κατά Κουν παράδειγμα της εξελικτικής βιολογίας για δεκαετίες, είναι η θεωρία της *«Μοντέρνας Σύνθεσης (Modern Synthesis)»*. Σύμφωνα με αυτήν, τόσο τα μικρότερης όσο και τα μεγαλύτερης τάξης εξελικτικά φαινόμενα μπορούν να προσεγγιστούν μέσα από αναλύσεις στο μικροεπίπεδο της γενετικής. Έτσι, εντοπίζει η Gontier (Gontier, 2015), έννοιες όπως η προσαρμοστικότητα και η φυσική επιλογή αντιμετωπίζονταν μόνο ως διαδικασίες στο γενετικό επίπεδο, και συγχέονται με την γενετική καταλληλότητα (fitness) και την γενετική επιλογή (genetic selection). Θα λέγαμε λοιπόν, πως στο κλασικό παράδειγμα της εξελικτικής βιολογίας, διακρίνουμε μια έντονη αναγωγική κουλτούρα, που προσπαθεί να αναγάγει τα υψηλότερης τάξης φαινόμενα σε νόμους και διαδικασίες χαμηλότερης τάξης, στο όνομα της αναζήτησης μιας *«γενικευμένης συνέχειας και σταθερότητας που οι θεμελιωτές (σ.σ. της μοντέρνας σύνθεσης) και ο Δαρβίνος έκριναν πολύ σημαντικές ώστε να λειτουργεί η φυσική επιλογή»*¹⁹.

Η αναγωγική θεώρηση της εξελικτικής βιολογίας, είναι λοιπόν άμεσα συνδεδεμένη με το Δαρβινισμό και το πλαίσιο του φυλετικού γκραντουαλισμού, ως προέκτασης των μηχανισμών και των αποτελεσμάτων της φυσικής επιλογής σε όλη την εξελικτική ιστορία των ειδών, που περιγράψαμε παραπάνω. Έτσι, η ανάπτυξη ενστάσεων και εναλλακτικών θεωριών σε ό,τι αφορά την αλλαγή χρονικής κλίμακας στην εξέλιξη, ξεκινάει ακριβώς με την αμφισβήτηση αυτού του πλαισίου, δηλαδή από τους Gould & Eldredge, με την θεωρία της εστιγμένης ισορροπίας. Στο τέταρτο μέρος του άρθρου τους του 1977, θέτουν τις βάσεις της εστιγμένης ισορροπίας ως μιας θεωρίας για τη μακροεξέλιξη, στηριζόμενοι στην ερμηνεία του φαινομένου των εξελικτικών τάσεων μέσα από αυτή τη θεώρηση. Φαίνεται πως εκεί αναγνωρίζουν τη θεωρία τους όχι σαν μια πλήρη εγκατάλειψη της δαρβινικής θεωρίας, αλλά ως *«την ίδια διαδικασία που λειτουργεί με διαφορετικό τρόπο σε διαφορετικά επίπεδα*

¹⁹ Gontier, 2015, σ. 232

πολυπλοκότητας και οργάνωσης»²⁰, θεωρώντας πως μπορεί να λειτουργήσει ως ένα μοντέλο «ειδοεπιλογής», που θα βασίζεται στην εικόνα της εστιγμένης ισορροπίας και στο γεγονός ότι οι ειδογενέσεις έχουν στοχαστικό χαρακτήρα σε σχέση με τις εξελικτικές τάσεις ενός κλάδου. Αντί λοιπόν να βλέπουμε την μακροεξέλιξη σαν μια επέκταση των ίδιων μηχανισμών από το επίπεδο των πληθυσμών και των γενεών, στο επίπεδο των μεγαλύτερων χρόνων και ταξινομικών ομάδων, εστιάζουμε στο στοχαστικό χαρακτήρα των ειδογενέσεων και με αυτό τον τρόπο *διαχωρίζουμε την μικροεξέλιξη από την μακροεξέλιξη* (Stanley, *o.a.* σε Gould & Eldredge, 1977).

Δεν είναι όμως μόνο η ερμηνεία των εξελικτικών τάσεων που φαίνεται να διαχωρίζει τους μηχανισμούς της εξέλιξης από το χαμηλότερο στο υψηλότερο επίπεδο. Άλλο ένα πρόβλημα της μοντέρνας σύνθεσης έχει να κάνει με τις περιόδους της εξελικτικής στάσης που έχουν παρατηρηθεί, καθώς οι μικροεξελικτικοί μηχανισμοί (γενετική παρέκκλιση, μεταλλάξεις, φυσική επιλογή) δεν αρκούν για την εξήγηση της εμφάνισης τέτοιων περιόδων. Ενώ υπάρχουν προσπάθειες τέτοιας προσέγγισης (για παράδειγμα, η σταθεροποίηση της επιλογής σε ένα μέγιστο), ωστόσο δεν είναι ικανοποιητικές για την εξήγηση μεγάλων περιόδων στάσης (Huneman, 2017). Φαίνεται λοιπόν πως σύμφωνα με σημερινά παλαιοντολογικά δεδομένα, το φαινόμενο αυτό μπορεί να εξηγηθεί μέσα από εντελώς νέες διαδικασίες, που λειτουργούν σε ταξινομικά επίπεδα ανώτερα από αυτά των πληθυσμών των οργανισμών (Huneman, 2017). Επίσης, υπάρχουν και άλλες θεωρήσεις ενάντια στη μοντέρνα σύνθεση, που αναδεικνύουν το ζήτημα της ανάδυσης εξελικτικών καινοτομιών, και πως αυτές δρουν σε ξεχωριστό πλαίσιο από αυτό που προτείνει η μικροεξελικτική θεώρηση (Muller & Newman, *o.a.* σε Huneman, 2017).

Παρατηρούμε ήδη κάποια μοτίβα ανάδυσης στη μετάβαση από την μικροεξέλιξη στην μακροεξέλιξη, όμως η συζήτηση δε σταματάει εδώ. Διάφορα μαθηματικά μοντέλα έχουν αναπτυχθεί, είτε για να γεφυρώσουν το χάσμα ανάμεσα στη μικρο- και στη μακροεξέλιξη, είτε για να το θεμελιώσουν. Μια ομάδα εξελικτικών βιολόγων το 1972 (με τον Gould ανάμεσα σε αυτούς), πρότεινε το μοντέλο MBL, για την ερμηνεία της εξέλιξης στο επίπεδο των κλάδων, χωρίς τη χρήση των μηχανισμών επιλογής, εστιάζοντας στην επιβίωση, την ειδογένεση και το διαχωρισμό κλάδων σαν στοχαστικές διαδικασίες. Με την υπόθεση αυτή, είναι ξεκάθαρο πως τα μοτίβα

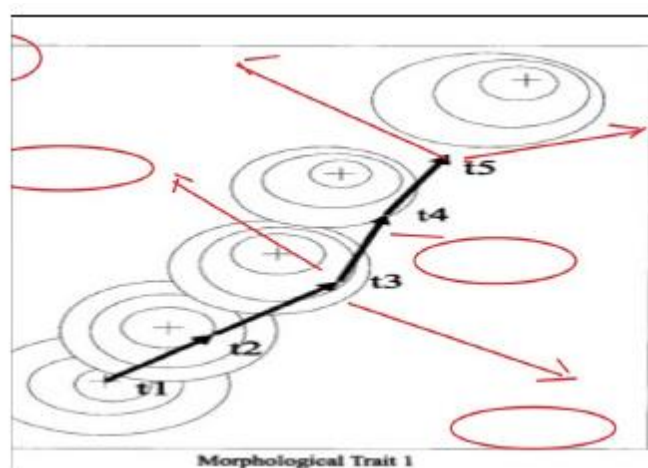
²⁰ Gould & Eldredge, 1977, σ. 139

εξέλιξης στο επίπεδο των κλάδων στηρίζονται σε διαδικασίες που δεν έχουν καμία επιρροή στο μικροεξελικτικό επίπεδο, αλλά επιδρούν μόνο στη συγκεκριμένη χρονική κλίμακα. Το μοντέλο, αν και με προβλήματα, έδινε αποτελέσματα αρκετά κοντινά με αυτά του αρχείου απολιθωμάτων. Περαιτέρω, στη βιβλιογραφία συναντάμε και θεωρητικά βιολογικά μοντέλα που είτε περιγράφουν την εστιγμένη ισορροπία (*Wosniack et al., 2017*), είτε την ειδογένεση και την εστιγμένη ισορροπία (*Jensen, 2004*) ως μια αναδύομενη διαδικασία, χρησιμοποιώντας το μικροεξελικτικό μαθηματικό μοντέλο *Tangled Nature Model*, το οποίο προσεγγίζει ακριβώς την ανάδυση νέων νόμων κατά τη μετάβαση από το μικροεξελικτικό στο μακροεξελικτικό επίπεδο, σε μια προσπάθεια γεφύρωσης του χάσματος.

Το ζήτημα λοιπόν, της εστιγμένης ισορροπίας σαν μια αναδύομενη διαδικασία έγκειται ακριβώς στο γεγονός ότι φαίνεται πως οι μηχανισμοί της μακροεξέλιξης είναι ριζικά καινοτόμοι και αδιάφοροι ως προς τους μηχανισμούς της φυσικής επιλογής στις χρονικές κλίμακες των γενεών ενός πληθυσμού. Αυτό είναι ξεκάθαρο μέσα από τα λόγια του Gould για τη στοχαστικότητα της αλλοπατρικής ειδογένεσης σε σχέση με το φαινόμενο των εξελικτικών τάσεων, ενώ παράλληλα μας δίνει μια σαφή εικόνα «προς τα κάτω αιτιότητας», που είναι χαρακτηριστική της ανάδυσης: οι διαδικασίες της εστιγμένης ισορροπίας, σε ανώτερο επίπεδο, επισυμβαίνουν στο κατώτερο επίπεδο και καθορίζουν τα πλαίσια και τον τρόπο με τον οποίο θα δράσει η φυσική επιλογή.

Αντίστοιχα συμπεράσματα βγαίνουν και σε άλλα ζητήματα μετάβασης στην εξελικτική κλίμακα, που δεν αφορούν αμιγώς την εστιγμένη ισορροπία. Ο Gould στο βιβλίο του *Wonderful Life*, εστιάζει στο ζήτημα των μεγάλων εξελικτικών αλλαγών, όπως είναι οι αφανισμοί, σε μια προσπάθεια του να επιχειρηματολογήσει υπέρ του ρόλου της ενδεχομενικότητας στην εξελικτική διαδικασία. Σύμφωνα με τον Gould, οι μαζικοί αφανισμοί συμβαίνουν εξαιτίας μεγάλων οικολογικών καταστροφών που έχουν πλανητικές ή αστρονομικές αιτίες, και επομένως η επιβίωση ή ο αφανισμός των ειδών παρουσιάζεται στους εξελικτικούς βιολόγους ως εντελώς τυχαίος. Σε πιο σύγχρονες δουλειές συναντάμε προσπάθειες μοντελοποίησης αυτής της τυχειότητας, οι οποίες χαρακτηρίζονται από πολύλοκα δυναμικά συστήματα που απεικονίζουν την πορεία ενός είδους προς τον αφανισμό. Ο *Huneman (2017)*, εντοπίζει μοτίβα αφανισμού με μερική και με ολοκληρωτική τυχειότητα, και βλέπει έτσι πως σε μοντέλα ολοκληρωτικής τυχειότητας, ο αφανισμός είναι πιθανότερος σε κάθε

χρονικό βήμα, λόγω της μεγάλης απόκλισης που μπορεί να υπάρξει από το προσαρμοστικό βέλτιστο ενός είδους σε σχέση με το περιβάλλον του σε κάθε χρονική στιγμή (σχήμα Δ). Έτσι καταλήγει στο συμπέρασμα πως η μακροεξέλιξη εμφανίζεται ως ενδεχομενική σε σχέση με τα δυναμικά συστήματα της επιλογής που περιγράφουν τη μικροεξέλιξη. Έχουμε επομένως μια κλασική περίπτωση ανάδυσης, καθώς οι στοχαστικές διαδικασίες που προκύπτουν από την πολυπλοκότητα των συστημάτων της μακροεξέλιξης, όχι μόνο δε μπορούν να αναχθούν στις διαδικασίες του μικροεπιπέδου, αλλά επισυμβαίνουν σε αυτές και καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο αυτές θα λειτουργήσουν.



Δ: Μοντέλο Ολοκληρωτικής τυχαιότητας για τον αφανισμό: Το σύστημα προσεγγίζει συνεχώς τη βέλτιστη προσαρμοστικότητα, όμως μεγάλες στοχαστικές διαταραχές (κόκκινα βέλη) το απομακρύνουν από την αρχική του πορεία (Huneman, 2017)

Καταληκτικά, θα λέγαμε πως η εστιγμένη ισορροπία είναι αδιαμφισβήτητη αυτή που τρίζει τα θεμέλια του αναγωγισμού στην εξελικτική βιολογία και θέτει τις βάσεις για τη μελέτη νέων μηχανισμών και διαδικασιών στο μακροεξελικτικό επίπεδο. Μέσα από τα ζητήματα που έφερε στην επιφάνεια, για το ρυθμό, το μηχανισμό της εξέλιξης στην βαθμίδα των ειδών, αλλά και για ανώτερης κλίμακας φαινόμενα όπως οι τάσεις, η κλαδογενέση, και οι αφανισμοί γίνεται ξεκάθαρο ακριβώς αυτό: Οι μεταβάσεις των θεωριών και των μοντέλων της εξελικτικής βιολογίας, κατά την αλλαγή της χρονικής

κλίμακας , είναι ασυνεχείς και φαίνεται πως σε κάθε τέτοια μετάβαση, παρατηρούμε ανάδυση νέων μηχανισμών και διαδικασιών που είναι αναγκαίοι για την περιγραφή της εξέλιξης στο αντίστοιχο ταξινομικό επίπεδο. Η φυσική επιλογή δεν παύει να λαμβάνει χώρα σε μικρότερες χρονικές κλίμακες, όμως κανένας μηχανισμός στο μακροεξελικτικό επίπεδο δεν μπορεί να αναχθεί λογικά μόνο σε αυτές τις μικροεξελικτικές διαδικασίες, αλλά χρειάζονται πολύπλοκες αναπαραστάσεις που λαμβάνουν υπόψιν και παράγοντες εκτός της φυσικής επιλογής (όπως είδαμε την αλλοπατρική ειδογένεση ή το παράδειγμα των αφανισμών). Επομένως , θεωρούμε πως η εστιγμένη ισορροπία τελικά θεμελιώνει με πολύ ισχυρό τρόπο το φαινόμενο της ανάδυσης, στη μελέτη της εξέλιξης των ειδών.

4β. James T. Cushing – Ιστορική Ενδεχομενικότητα στην Επιστήμη

Η επόμενη θεωρία που θα μας απασχολήσει στα πλαίσια αυτής της εργασίας, είναι η θεωρία του φυσικού και φιλόσοφου της Φυσικής *James T. Cushing*, για την ιστορική ενδεχομενικότητα (historical contingency) στην διαδικασία δόμησης και επιλογής μιας επιτυχημένης επιστημονικής θεωρίας έναντι των «ανταγωνιστικών» της θεωριών, που όμως είναι φορμαλιστικά και παρατηρησιακά ισοδύναμες. Το έργο του Cushing για την ιστορική ενδεχομενικότητα αναλύεται σε μια σειρά από άρθρα και βιβλία του, που δημοσιεύτηκαν την δεκαετία του 1990: *Historical Contingency and Theory Selection in Science* (1992), *Theory Construction and Selection in Modern Physics – The S Matrix* (1990), *Quantum Mechanics: Historical Contingency and the Copenhagen Hegemony* (1994), *Philosophical Concepts in Physics: The historical relation between philosophy and scientific theories* (1998). Στα έργα του αυτά, ο Cushing ασχολείται με την αντιπαράθεση των δύο ερμηνειών της κβαντομηχανικής και αναδεικνύει πως ο μαθηματικός φορμαλισμός της κβαντομηχανικής, που είναι εμπειρικά επιτυχημένος, μπορεί να υποστηρίξει δύο εντελώς ασυμβίβαστες οντολογικές ερμηνείες, όπως ήταν η μη ντετερμινιστική ερμηνεία της σχολής της Κοπεγχάγης και η μη τοπική αλλά ντετερμινιστική θεωρία λανθανουσών μεταβλητών του Bohm. Μελετώντας αυτή τη διαδικασία, το συμπέρασμα του είναι πως η επικράτηση της μιας θεωρίας έναντι της άλλης ήταν μια ιστορικά ενδεχομενική διαδικασία, η οποία δεν στηρίζεται μόνο στη λογική αξιολόγηση της μιας θεωρίας έναντι της άλλης, αλλά είναι από μόνη της ένα ιστορικά τυχαίο γεγονός. Περαιτέρω, καταδεικνύει πως μια διαφορετική αιτιακή αλληλουχία ιστορικών γεγονότων θα μπορούσε να έχει οδηγήσει στην επικράτηση μιας άλλης θεωρίας, και σε μια εντελώς διαφορετική εικόνα για τον κόσμο σήμερα. Έτσι, αυτό που τελικά θεωρεί επιτυχημένο και αποδεκτό η επιστημονική κοινότητα, «είναι ένα τυχαίο και μη μοναδικό προϊόν»²¹.

²¹ Cushing, 2003, σ.455

Υποκαθορισμός και το πρόβλημα του ρεαλιστή

Το γενικότερο θεωρητικό πλαίσιο στο οποίο στηρίζει τα επιχειρήματα του για την ιστορική ενδεχομενικότητα στην ειδική περίπτωση της ερμηνείας της κβαντομηχανικής, είναι ο υποκαθορισμός των επιστημονικών θεωριών, η θέση δηλαδή των Duhem – Quine, που εμφανίζεται στο έργο του Pierre Duhem, *The Aim and Structure of Physical Theory*. Το πρόβλημα του υποκαθορισμού των επιστημονικών θεωριών, προκύπτει από την αναζήτηση των κριτηρίων αποδοχής μιας φυσικής θεωρίας. Η πρωταρχική απάντηση του Duhem στο ζήτημα αυτό είναι ότι το μοναδικό κριτήριο για την αποδοχή ή μη μιας φυσικής θεωρίας είναι η συμφωνία των θεωρητικών της προβλέψεων με τα πειραματικά δεδομένα που καλείται να αναπαραστήσει. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις που δύο φυσικοί μπορούν να καταλήξουν σε διαφορετικές «συμπλέξεις υποθέσεων» οι οποίες ικανοποιούνται από τα πειραματικά δεδομένα, και σε αυτή την περίπτωση εισέρχονται μη λογικά και μη τεκμηριακά κριτήρια στην επιλογή της μιας θεωρίας έναντι της άλλης. Όπως σωστά παρατηρεί ο Duhem, σε αυτές τις περιπτώσεις, τα μη λογικά κριτήρια δεν μπορούν να επιβληθούν με την ίδια αυστηρότητα που επιβάλλονται τα κριτήρια της λογικής, αλλά διατηρούν κάτι το αόριστο και το αβέβαιο (Duhem, *o.a. σε Cushing, 2003*). Περαιτέρω, ο Quine (Quine, *o.a. σε Cushing, 2003*) θέτει μια ακόμα παράμετρο στο πρόβλημα του υποκαθορισμού, υποστηρίζοντας πως ενώ κάθε θεωρία πρέπει να ικανοποιεί τις συνθήκες της φυσικής πραγματικότητας, ωστόσο υπάρχει μεγάλο εύρος επιλογής ως προς το ποιές υποθέσεις πρέπει να επαναξιολογηθούν όταν μια θεωρία δεν συμπίπτει με την εμπειρία. Η «κοινή λογική» για τον Quine, δείχνει απλά μια προτίμηση επανεξέτασης μιας υπόθεσης έναντι μιας άλλης, και φτάνει μάλιστα σε σημείο να υποστηρίζει ότι το σύνολο των μικροοντοτήτων της οντολογίας μιας θεωρίας, αλλά και τα ίδια τα φυσικά αντικείμενα, εισάγονται σε αυτήν για μια εννοιολογική διευκόλυνση (Cushing, 2003).

Έτσι, το πρόβλημα του υποκαθορισμού συνοψίζεται στην εξής αντίφαση, που ο Cushing ονομάζει «το πρόβλημα του επιστημονικού ρεαλιστή»: «Εάν υπάρχουν δύο εξίσου εμπειρικά επαρκείς και επιτυχείς επιστημονικές θεωρίες – που συμφωνούν σε όλα τα δυνατά εμπειρικά τεστ και επομένως είναι παρατηρησιακά ταυτόσημες- οι οποίες υποστηρίζουν ριζικά ασύμβατες μεταξύ τους οντολογίες, τότε μια τέτοια κατάσταση μπορεί να εμποδίσει τον επιστημονικό ρεαλιστή στην έρευνά του για την

ορθή επιστημονική θεωρία, η οποία δίνει [...] μιαν αληθινή εικόνα του κόσμου»²². Ο Cushing δεν υποστηρίζει πως ο υποκαθορισμός συμβαίνει σε κάθε περίπτωση επιλογής επιστημονικής θεωρίας, όμως υπάρχουν συγκεκριμένες καταστάσεις στις οποίες συναντάμε υποκαθορισμό. Θεωρεί την περίπτωση της κβαντομηχανικής ως τέτοια, και μάλιστα πολύ σημαντική, καθώς σε μια αναγωγική θεώρηση των φυσικών θεωριών, φαίνεται πως ο υποκαθορισμός σε μια τέτοια θεμελιακή θεωρία όπως η κβαντομηχανική, μπορεί να επηρεάσει και τις θεωρίες που οικοδομούνται με βάση αυτή. Τίθεται λοιπόν το ζήτημα, εφόσον παρατηρείται υποκαθορισμός, του προσδιορισμού της βάσης των μη τεκμηριακών κριτηρίων που έπαιξαν ρόλο στην επιλογή, και του ρόλου που έπαιξαν ιστορικά τυχαίοι παράγοντες στη διαμόρφωσή τους (Cushing, 2003).

Η ειδική περίπτωση της κβαντομηχανικής

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να σκιαγραφήσουμε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια την εξειδίκευση του υποκαθορισμού των θεωριών στο ειδικό παράδειγμα της κβαντομηχανικής, καθώς αποτελεί το πρωταρχικό επιχείρημα του Cushing για την επίδραση ιστορικά τυχαίων παραγόντων στη διαδικασία επιλογής των φυσικών θεωριών.

Η απαρχή του προγράμματος της «ντετερμινιστικής κβαντομηχανικής» εντοπίζεται στον Mandelung, το 1926, όπου με αφετηρία την εξίσωση του Schrodinger, και μέσω μαθηματικών μετασχηματισμών, κατέληξε σε μια αναδιατύπωση της σε εξισώσεις που περιγράφουν τη ροή ενός ιδανικού ρευστού. Έτσι πρότεινε την ερμηνεία της Schrodinger ως μια σχέση που περιγράφει ένα ρευστό πανομοιότυπων σωματιδίων. Το βασικό ζήτημα αυτής της αναπαράστασης ήταν ότι στη σχέση που περιγράφει τη δύναμη που δέχεται ένα τυχαίο σωματίδιο του ρευστού, εμφανίζεται ένας όρος που εξαρτάται με έναν «αφύσικο» τρόπο από τις θέσεις και τις ταχύτητες των υπόλοιπων σωματιδίων, κάτι που αργότερα ονομάστηκε κβαντικό δυναμικό. Η εικόνα του Mandelung λοιπόν είναι μια πρωταρχική κλασική εικόνα για την κβαντομηχανική.

²² Cushing, 2003, σ.458

Η συνέχεια δόθηκε από τον De Broglie, ο οποίος επηρεάστηκε από την υδροδυναμική θεώρηση του Mandelung αλλά και την αναλογία κλασσική μηχανικής και κλασσικής οπτικής των Hamilton & Jacobi, για να δώσει τη δική του εικόνα για την κβαντομηχανική. Η εικόνα του De Broglie ήταν μια προσπάθεια ενοποίησης του δυισμού κύματος – σωματιδίου, δηλαδή μια εικόνα κύματος και σωματιδίου παρά κύματος ή σωματιδίου, όπως ήταν αυτή της Κοπεγχάγης. Αυτή η προσπάθεια τον οδήγησε στην θεωρία του «κύματος – πιλότου», μια κλασσική ερμηνεία από υπαρκτές οντότητες μέσα σε ένα χωροχρονικό υπόβαθρο (Cushing, 1992). Η εικόνα του De Broglie λοιπόν περιελάμβανε το σωματίδιο σαν μια μαθηματική μοναδικότητα στο κέντρο ενός κύματος το οποίο αντιλαμβάνεται το περιβάλλον και μεταβάλλει την κίνηση του σωματιδίου αντίστοιχα. Τόσο το σωματίδιο – μοναδικότητα όσο και το κύμα περιγράφονται από δύο συσχετιζόμενες κυματοσυναρτήσεις, που περιγράφουν τη στατιστική συμπεριφορά ενός πλήθους σωματιδίων (Cushing, 1992). Τη θεωρία του αυτή ο De Broglie την παρουσίασε εκτενώς στο συνέδριο του Solvay το 1927, όπου βρήκε αντιμέτωπο τον Schrodinger που θεωρούσε θεμελιώδη την έννοια του κύματος, ενώ δε βρήκε σύμμαχο ούτε τον Einstein, παρόλο που και ο ίδιος αναζητούσε μια ντετερμινιστική, κλασσική ερμηνεία της κβαντομηχανικής. Ο ίδιος ο De Broglie, μετά του συνέδριο του Solvay, εγκατέλειψε την ερμηνεία του και υιοθέτησε την ερμηνεία της Κοπεγχάγης μέχρι τις δημοσιεύσεις του David Bohm το 1952.

Η ερμηνεία του ίδιου του Einstein για την εξίσωση του Schrodinger μπορεί να βρεθεί σε ένα αδημοσίευτο χειρόγραφο του με τίτλο: “*Does Schrodinger's Wave Mechanics Determine the Motion of a System Completely or Only in the Sense of Statistics?*” (Cushing, 1992). Εκεί ο Einstein προτείνει πως κάθε λύση της κυματικής εξίσωσης αντιστοιχεί στην κίνηση ενός συστήματος και μάλιστα μπορεί να την περιγράψει πλήρως και μοναδικώς. Μάλιστα βρίσκει ένα τρόπο να αντιστοιχίσει με μοναδικό τρόπο την ταχύτητα ενός σωματιδίου μέσα από μια δεδομένη κυματοσυνάρτηση. Η μέθοδος του αντιμετώπιζε προβλήματα σε σύστημα δύο σωματιδίων, όμως δεν προχώρησε παρακάτω και φαίνεται πως μετά το 1927 και ο ίδιος εγκατέλειψε αυτή την προσπάθεια κλασσικής ερμηνείας.

Έτσι οδηγούμαστε στο πολύ καθοριστικό συνέδριο του Solvay το 1927 όπου παρά τις διαφορετικές κλασσικές ερμηνείες που περιγράψαμε, μόνο ο De Broglie παρουσίασε ολοκληρωμένα τη θεωρία του, η οποία όμως δεν έγινε δεκτή από την

ομάδα των Bohr, Heisenberg , Born, Dirac και Pauli που δούλευαν πάνω στην πιθανοκρατική ερμηνεία και στο φορμαλισμό της μηχανικής μητρών. Η ισχυρή «υπεράσπιση» αυτής της θέσης, οδήγησε τον De Broglie να εγκαταλείψει την ερμηνεία του, οπότε το 1927-28 η ερμηνεία της Κοπεγχάγης επικρατούσε πλέον καθολικά σαν επίσημη ερμηνεία της Κβαντομηχανικής και απέκλειε κάθε προσπάθεια ντετερμινιστικής ερμηνείας. Αργότερα, το 1932, έχουμε και το θεώρημα του Von Neumann που φερόταν ως απόδειξη πως δεν μπορεί να υπάρξει μια θεωρία κρυφών μεταβλητών με ακριβώς τις ίδιες προβλέψεις με την κβαντομηχανική. Έτσι, μέχρι το 1952 και τον David Bohm, τα προβλήματα των αιτιοκρατικών ερμηνειών της κβαντομηχανικής ήταν αφενός η μη τοπικότητα του κβαντικού δυναμικού και αφετέρου η ασάφεια που προκαλούσε το θεώρημα του Neumann για την ολοκληρωτική συμφωνία μιας αιτιοκρατικής θεωρίας με την κβαντομηχανική όσον αφορά τις παρατηρησιακές προβλέψεις.

Το κρίσιμο σημείο στην ιστορία αυτή, εμφανίζεται με τη θεωρία του David Bohm , ο οποίος το 1952 δίνει μια λεπτομερή περιγραφή μιας θεωρίας κρυφών μεταβλητών που έχει τον ίδιο φορμαλισμό με επίσημη εκδοχή. Χωρίς να γνωρίζει τη δουλειά των Mandelung και De Broglie, ο Bohm εξάγει μια έκφραση του κβαντικού δυναμικού μέσα από το δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα και καταφέρνει να φτάσει σε μια θεωρία που ήταν απόλυτα σύμφωνη με τις εμπειρικές προβλέψεις της επικρατούσας ερμηνείας, και στην οποία δεν υπήρχε το πρόβλημα της μέτρησης (δηλαδή η κατάρρευση της κυματοσυνάρτησης κατά την παρατήρηση) ενώ η απροσδιοριστία του Heisenberg δεν ήταν μια θεμελιώδης ιδιότητα του συστήματος, αλλά μια πρακτική αδυναμία στην ακρίβεια των παρατηρήσεων. Βασικά, η θεωρία του Bohm ήταν μια λογική απόδειξη ότι η θεωρία της Κοπεγχάγης δεν ήταν η μοναδική θεωρία που ήταν συμβατή με τα εμπειρικά δεδομένα (*Cushing, 1992*).

Η επίδραση της δουλειάς του Bohm, αν και αντιμετωπίστηκε σκεπτικιστικά από τους υπερασπιστές της επίσημης ερμηνείας, ήταν σημαντική, καθώς αφενός ξανακέρδισε τον De Broglie και τον ώθησε να επιστρέψει στις πρωταρχικές του ιδέες, αφετέρου ανέδειξε την δυνατότητα μιας ρεαλιστικής περιγραφής της κβαντομηχανικής, μέσω μιας κλασσικής οντολογίας η οποία περιλαμβάνει μια χωροχρονική περιγραφή και μια σαφή εικόνα για τις διαδικασίες του μικρόκοσμου. Επίσης, μερικά χρόνια μετά , το 1966, ο Nelson έδειξε πως ένα σωματίδιο που εκτελεί κίνηση Brown, με συντελεστή διάχυσης $h/2m$, χωρίς τριβή, και υπό την

επίδραση δυνάμεων που υπακούν το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, υπακούει ακριβώς την εξίσωση Schrodinger (*Nelson, o.a. σε Cushing, 1992*). Αυτό το υπόβαθρο έδωσε ακόμα περισσότερη ώθηση στη θεώρηση πως μια ρεαλιστική ερμηνεία είναι δυνατή, και οδηγεί τον Cushing στο συμπέρασμα πως με μια διαφορετική αλληλουχία ιστορικών παραγόντων, από το 1927 και μετά, μπορεί η μοίρα της αιτιοκρατικής ερμηνείας της κβαντομηχανικής να ήταν διαφορετική, και να μπορούσε να εξελιχθεί σε μια δομή που θα είχε την εμπειρική επάρκεια για να επικρατήσει, με τελικό αποτέλεσμα σήμερα να είχαμε μια εντελώς διαφορετική εικόνα για τα φαινόμενα του μικρόκοσμου.

Το σενάριο που προτείνει ο Cushing είναι το παρακάτω: «*Αρχικά διατυπώνονται η μηχανική μητρών του Heisenberg και η κυματομηχανική του Schrodinger και αποδεικνύονται ως μαθηματικά ισοδύναμες. Οι μετασχηματισμοί του Dirac και ο φορμαλισμός τελεστών λειτουργούν σαν ένα μέσο περαιτέρω ανάπτυξης του φορμαλισμού για τη δημιουργία υπολογιστικών αλγορίθμων. Η μελέτη ενός κλασικού σωματιδίου που εκτελεί κίνηση Brown, για την οποία ο Einstein σίγουρα ήξερε κάτι, οδηγεί σε μια κλασική ερμηνεία της εξίσωσης Schrodinger, και κατά συνέπεια σε μια ρεαλιστική οντολογία τύπου De Broglie – Bohm. Το μοντέλο του Nelson επίσης ενισχύει αυτή την ερμηνεία δίνοντας μια οπτικοποιημένη εικόνα για τα κβαντικά φαινόμενα, ενώ το θεώρημα του Bell αποτελεί απόδειξη ότι υπάρχει μη τοπικότητα στα φαινόμενα αυτά*».²³ Μάλιστα, εφόσον υπήρχαν όλα τα εργαλεία και και το εννοιολογικό πλαίσιο για να διατυπωθεί το θεώρημα του Bell το 1927, η διατύπωση του εκείνη τη χρονική περίοδο θα βοηθούσε επιστήμονες όπως ο Einstein, να αποδεχτούν την αδυναμία ύπαρξης μιας θεωρίας που θα συνδυάζει μη τοπικότητα και αιτιότητα, και έτσι η μη τοπικότητα να πάρει διαστάσεις μιας καθολικής ιδιότητας, και όχι απλώς ενός «περίεργου» χαρακτηριστικού μιας συγκεκριμένης θεωρίας.

²³ *Cushing, 1992, σ. 450*

Ιστορική Ενδεχομενικότητα και Ανάδυση

Το συμπέρασμα της σκέψης του Cushing λοιπόν, μελετώντας την ειδική περίπτωση της κβαντομηχανικής, είναι πως πρέπει να αναζητήσουμε την βάση των μη τεκμηριακών κριτηριών που οδήγησαν στην επικράτηση της μιας ερμηνείας έναντι της άλλης αλλά και το ρόλο των ιστορικά τυχαίων παραγόντων. Στην περίπτωση της κβαντομηχανικής, υπάρχει μια σειρά από ιστορικούς παράγοντες που θα μπορούσαν να είναι διαφορετικοί, καθώς επίσης και ένα ισχυρό υπόβαθρο φιλοσοφικών προτιμήσεων των δημιουργών της κυρίαρχης ερμηνείας, που οδήγησαν στην επιλογή αυτή. Ο Cushing αναλύει τους παράγοντες αυτούς εκτενώς, και εντοπίζει πως ένας βασικός λόγος επικράτησης της Κοπεγχάγης ήταν ότι η επιστημονική κοινότητα εκείνη την εποχή θεωρούσε ύψιστης σημασίας τα ζητήματα φορμαλισμού και εμπειρικής επάρκειας μιας θεωρίας παρά τα φιλοσοφικά, οντολογικά της ζητήματα. Επίσης, υπάρχουν μια σειρά από εξωτερικούς παράγοντες που αφορούν την ψυχολογία και τις σχέσεις ανάμεσα στα πρόσωπα της ομάδας της Κοπεγχάγης, που φανερώνονται μέσα από την αλληλογραφία που αντάλλασσαν, αλλά και άλλοι επαγγελματικοί και κοινωνιολογικοί παράγοντες που καθιστούσαν απαραίτητη και επείγουσα την ηγεμονία της Κοπεγχάγης (Cushing, 2003). Επομένως, εφόσον έχουμε δύο θεωρίες που είναι μαθηματικά ισοδύναμες, εμπειρικά επαρκείς, και φαίνεται πως δεν υπάρχουν ούτε άλλου τύπου αμετάβλητα, αντικειμενικά κριτήρια, όπως για παράδειγμα η δυνατότητα καθεμιάς να αντιμετωπίσει προβλήματα που μπορεί να παρουσιαστούν ή να προτείνει νέους δρόμους για γενίκευση και έρευνα, το συμπέρασμα του Cushing είναι πως στην ουσία *επελέχθη* μια θεωρία, και μάλιστα με κριτήρια που εξαρτώνται από ιστορικά τυχαίους παράγοντες.

Είναι λοιπόν σημαντικό για την έρευνα μας να αναδείξουμε τον μηχανισμό που αναλύει ο Cushing για την επιλογή των θεωριών και τη σχέση του με την έννοια της ανάδυσης. Ο Cushing επιχειρηματολογεί πως για την επιλογή των θεωριών δεν αρκούν μόνο τα εμπειρικά δεδομένα, ή άλλα κριτήρια προτίμησης όπως η απλότητα ή η συνεκτικότητα μιας θεωρίας. Η φύση θέτει τις «συνοριακές συνθήκες του προβλήματος», δηλαδή παρέχει εμπειρικά δεδομένα που αποτελούν αυστηρούς περιορισμούς, ωστόσο αφήνουν ένα περιθώριο επιλογής. Έπειτα, η διαδικασία κατασκευής μιας θεωρίας και η επιλογή της είναι «*μια πλούσια διαδικασία, στην*

οποία περιλαμβάνονται πολλοί παράγοντες που εν μέρει αλληλοεπικαλύπτονται[...] Το πως τα πράγματα θα μπορούσαν να έχουν αποβεί πολύ διαφορετικά σε ορισμένες **κρίσιμες** στιγμές και για ποιό λόγο δεν έγινε αυτό είναι ίσως εξίσου σημαντικό με τους λόγους για τους οποίους η επιστήμη έχει κάνει τις ορθές επιλογές»²⁴. Δεν ωφελεί να μελετάμε τα γεγονότα του παρελθόντος με την οπτική γωνία του παρόντος, ώστε να αποδείξουμε το αναπόφευκτο της ιστορίας, ούτε να μελετάμε μια εξιστόρηση από την ακριβώς αντίθετη άποψη. Για τον Cushing, αυτό που έχει αξία είναι μια ισορροπημένη μελέτη των γεγονότων και των αιτίων τους.

Αυτό που κάνει ο Cushing, είναι στην ουσία μια πολύπλοκη μελέτη του προβλήματος της επιλογής μιας θεωρίας, εξετάζοντας το υπό το πρίσμα εσωτερικών και εξωτερικών παραγόντων, ώστε να αναδείξει το μηχανισμό ανάδειξης της μιας θεωρίας ως κυρίαρχης: εφόσον φτάσουμε στο κρίσιμο σημείο όπου υπάρχουν διαφορετικές οντολογίες που αντιστοιχούν σε ένα φορμαλισμό και είναι εμπειρικά επαρκείς, τότε έχουμε την επίδραση ιστορικά τυχαίων παραγόντων και αιτιακών αλληλουχιών, και γίνεται μια επιλογή. Μια διαφορετική αλληλουχία γεγονότων, θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια διαφορετική επιλογή. Έτσι, παρατηρούμε πως μια νέα επιστημονική θεωρία, με ριζικά νέες ιδιότητες (όπως η αβεβαιότητα στη μια ερμηνεία ή η μη τοπικότητα στην άλλη) **αναδύεται** μέσα από αυτή την πολύπλοκη διαδικασία, που μπορεί να προκύψει μόνο εάν μελετήσουμε το πρόβλημα στην πολυπλοκότητα του, δηλαδή εξετάζοντας τα λογικά κριτήρια (εσωτερική εξήγηση), σε συνδυασμό με τους ιστορικά τυχαίους παράγοντες (εξωτερική εξήγηση).

Η σχέση μεταξύ κβαντομηχανικής και κλασσικής μηχανικής, είναι μια σχέση που μπορεί να περιγραφεί με την έννοια της ανάδυσης και με όρους μαθηματικού φορμαλισμού. Η μετάβαση από το μαθηματικό φορμαλισμό (τη Χαμιλτονιανή) που περιγράφει τη συμπεριφορά των σωματιδίων στο μικρόκοσμο, στις σχέσεις που περιγράφουν την κίνηση των σωμάτων στο μακρόκοσμο είναι ασυνεχής, και χαρακτηρίζεται από ένα σημείο «μοναδικότητας», στο οποίο η σταθερά του Planck τείνει στο μηδέν²⁵. Αυτό αναδεικνύει το μηχανισμό της ανάδυσης που είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, καθώς και την αδυναμία συνεχούς μετάβασης από τη μία

²⁴ Cushing, 2003, σ. 467

²⁵ Η σχέση αυτή προέρχεται από τη θεώρηση πως, εάν σε διάφορες σχέσεις της κβαντομηχανικής η σταθερά του Planck τείνει στο μηδέν, τότε καταλήγουμε σε κλασσικές σχέσεις (π.χ. όριο Rayleigh – Jeans ή $\Delta x \Delta p \geq 0$). Η ακριβής μαθηματική αλήθεια της πρότασης, ωστόσο, ελέγχεται, καθώς υπάρχει πλούσιο επιστημονικό έργο πάνω στο ζήτημα της εξαγωγής των νόμων της κλασσικής μηχανικής αποκλειστικά μόνο μέσα από το όριο του h στο μηδέν.

θεωρία στην άλλη και λογικής εξαγωγής των νόμων του μακρόκοσμου από τους νόμους κίνησης στο μικρόκοσμο. Ακριβώς σε εκείνα τα σημεία που εμφανίζονται τέτοιες οριακές μαθηματικές ιδιομορφίες (όπως ο μηδενισμός της σταθεράς του Planck που έχει επιβεβαιωθεί πειραματικά ότι δεν είναι μηδέν), έχουμε την ανάδυση μιας θεωρίας από μια άλλη (*Batterman, ο.α. σε Rigato, 2017*):

$$\lim_{\hbar \rightarrow 0}(\text{κβαντομηχανική}) = (\text{κλασική μηχανική})$$

4γ. Θεωρία του Χάους

Η Θεωρία του Χάους αποτελεί έναν κλάδο των μαθηματικών, που αφορά τη μελέτη μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων τα οποία υποδεικνύουν χαοτική συμπεριφορά. Αν και ο ακριβής ορισμός του Χάους και της χαοτικής συμπεριφοράς είναι υπό συζήτηση, είναι κοινώς αποδεκτό πως όταν αναφερόμαστε σε αυτό, μιλάμε για την απεριοδική συμπεριφορά ντετερμινιστικών συστημάτων που έχουν εξαιρετική ευαισθησία στις αρχικές συνθήκες (θα αναφερθούμε πιο αναλυτικά στις έννοιες αυτές παρακάτω). Αιώνες πριν φτάσουμε στη μελέτη του Χάους, είχαμε τη μελέτη των δυναμικών συστημάτων (dynamics) από τον Νεύτωνα, που ασχολήθηκε με το πρόβλημα των δύο πλανητικών σωμάτων, όμως η προσπάθεια επέκτασης σε τρία σώματα αποδείχτηκε πολύ πιο περίπλοκη και αδύνατον να λυθεί. Μόλις το 19^ο αιώνα, ο Poincare έδωσε μια διαφορετική προσέγγιση του προβλήματος, θέτοντας ερωτήματα που αφορούσαν μια περισσότερο ποιοτική περιγραφή του σύμπαντος, όπως αν το ηλιακό μας σύστημα θα είναι για πάντα σταθερό. Έτσι εισήγαγε έναν γεωμετρικό τρόπο προσέγγισης τέτοιων ερωτημάτων (Strogatz, 1994), που αποτελεί και τρόπο «λύσης» των μη γραμμικών συστημάτων μέχρι σήμερα.

Στο πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα η μελέτη των μη γραμμικών συστημάτων αφορούσε τόσο πρακτικές εφαρμογές μη γραμμικών ταλαντωτών (ραδιοκύματα, ραντάρ, laser) όσο και την ανάπτυξη νέων μαθηματικών τεχνικών (Van der Pol, Andronov, Catwright κ.α.) και την ταυτόχρονη γεωμετρική προσέγγιση προβλημάτων της κλασικής μηχανικής (Birkhoff, Kolomongoron κ.α.). Για να φτάσουμε όμως σε μια πρώτη εμπειριστατωμένη μελέτη χαοτικού συστήματος, πρέπει να φτάσουμε στον Edward Lorenz, το 1963 και στο μοντέλο του για την ατμόσφαιρα. Πειραματιζόμενος με τις τρεις εξισώσεις του απλοποιημένου μοντέλου του, με τη χρήση υπολογιστή, προσπάθησε να ερμηνεύσει την απρόβλεπτη συμπεριφορά των καιρικών φαινομένων και έτσι ήταν ο πρώτος που ανακάλυψε τη χαοτική κίνηση ενός συστήματος γύρω από έναν ελκυστή. Από τη δεκαετία του '70 και έπειτα, έχουμε την άνθιση της θεωρίας του χάους σε διάφορους τομείς των φυσικών επιστημών όπως στη βιολογία πληθυσμών, φυσική των ρευστών, και δύο πολύ σημαντικές δουλειές. Η πρώτη είναι η μελέτη του Ilya Prigogine για θερμοδυναμικά συστήματα που δεν βρίσκονται σε ισορροπία, αλλά ανταλλάσσουν διαρκώς ενέργεια με το περιβάλλον (*dissipative*

structures) , για την οποία ο Prigogine πήρε το Νόμπελ Χημείας το 1977, και η δεύτερη αποτελεί την ανακάλυψη του Feigenbaum για την καθολικότητα της συμπεριφοράς των χαοτικών συστημάτων, το φαινόμενο δηλαδή όπου εντελώς διαφορετικά συστήματα γίνονται χαοτικά με τον ίδιο τρόπο. Από τη δεκαετία του '80 και έπειτα, η εφαρμογή των τεχνικών της θεωρίας του χάους συναντάται σε μια ποικιλία επιστημονικών κλάδων, από τις φυσικές επιστήμες μέχρι και οικονομικά μοντέλα.

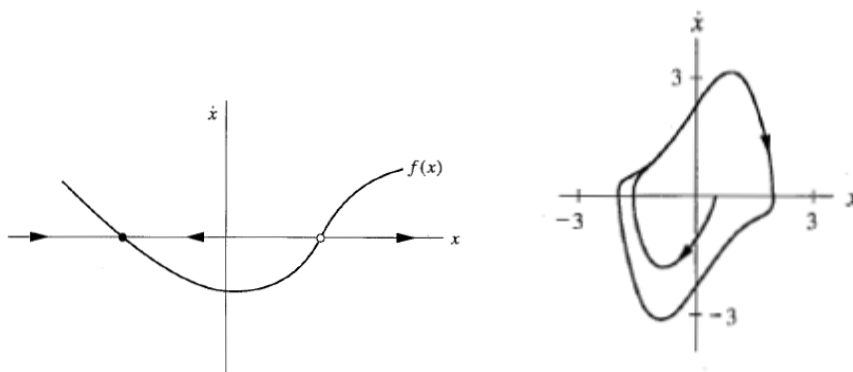
Τι είναι όμως αυτό που κάνει τη μελέτη μη γραμμικών και χαοτικών συστημάτων τόσο ξεχωριστή; Ακριβώς αυτή η δυσκολία στην ανάλυση τους, που γέννησε τις μαθηματικές τεχνικές προσέγγισης τέτοιων συστημάτων, είναι ένα στοιχείο ριζικού διαχωρισμού με την επιστημολογία περασμένων αιώνων. Το χαρακτηριστικό των γραμμικών συστημάτων είναι ότι μπορούν να διαιρεθούν σε επιμέρους στοιχεία, να λυθούν ξεχωριστά και να επανενωθούν ώστε να μας δώσουν την λύση της εξέλιξης του συστήματος. Είναι αυτή η απλοποίηση πολύπλοκων συστημάτων , με τις αντίστοιχες μεθόδους (μετασχηματισμοί Laplace, αρχή της επαλληλίας, ανάλυση Fourier), που έρχεται σε σύγκρουση με τη μελέτη μη γραμμικών συστημάτων, τα οποία μάλιστα συναντώνται σε πάρα πολλά μοντέλα περιγραφής φυσικών και όχι μόνο φαινομένων. Η ποιοτική, ολιστική μελέτη των δυναμικών συστημάτων, ο γεωμετρικός τρόπος προσέγγισης, η αυτο-οργάνωση και η μη προβλεψιμότητα είναι οι καινοτομίες που έφερε στην επιφάνεια η μελέτη του χάους και είναι ο λόγος που για πολλούς φιλόσοφους της επιστήμης αποτελεί το πιο τρανταχτό παράδειγμα αποτυχίας του αναγωγισμού και της υπεροχής της αναδυτικής φιλοσοφίας. Παρακάτω, θα δούμε πως συναντάμε την έννοια της ανάδυσης φαινομένων μέσα στη μελέτη μη γραμμικών και χαοτικών συστημάτων.

Γεωμετρικός Τρόπος Προσέγγισης

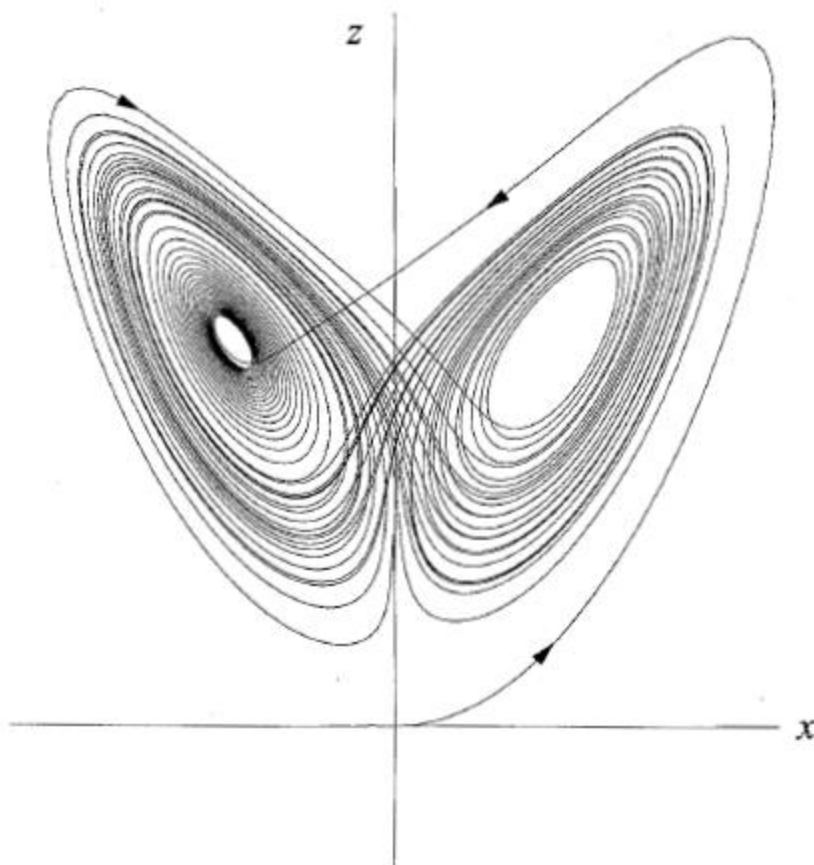
Όπως αναφέραμε παραπάνω, τα χαοτικά συστήματα είναι ντετερμινιστικά συστήματα. Αυτό σημαίνει πως περιγράφονται από διαφορικές εξισώσεις, οι οποίες δεν αφήνουν περιθώρια πιθανοκρατικής ερμηνείας της εξέλιξης του συστήματος, αλλά είναι απόλυτα ντετερμινιστικές. Αν γνωρίζουμε με ακρίβεια τις αρχικές συνθήκες, τότε γνωρίζουμε και την εξέλιξη του συστήματος. Όμως, σε χαοτικά αλλά

και γενικότερα σε μη γραμμικά συστήματα, η αναλυτική λύση των διαφορικών εξισώσεων που τα περιγράφουν είναι, όπως είπαμε, εξαιρετικά δύσκολη και για αυτό η συμπεριφορά τους περιγράφεται με διαφορετικά μαθηματικά εργαλεία. Η βασική τεχνική είναι ο σχεδιασμός του διαγράμματος φάσης του συστήματος, δηλαδή η γραφική απεικόνιση όλων των δυνατών καταστάσεων στις οποίες αυτό μπορεί να βρεθεί (π.χ. η απεικόνιση της θέσης ενός εκκρεμούς σε σχέση με την ταχύτητα του). Μια τέτοια απεικόνιση μπορεί να γίνει θεωρητικά, για απλά συστήματα, ή για πιο πολύπλοκα μοντέλα με μεθόδους αριθμητικής προσέγγισης στον υπολογιστή, δηλαδή με τον υπολογισμό των καταστάσεων σε πολύ μικρά χρονικά βήματα (για λόγους ακρίβειας). Τέτοιες μέθοδοι προσέγγισης είναι του Euler ή της Runge-Kutta.

Σημαντικό κομμάτι της γεωμετρικής επίλυσης των συστημάτων είναι αρχικά ο καθορισμός των ελκυστών (ή ατρακτόρων) τους, δηλαδή εκείνες τις περιοχές του διαγράμματος φάσης οι οποίες «έλκουν» τις γειτονικές τροχιές του συστήματος, και στη συνέχεια ο χαρακτηρισμός της ισορροπίας τους (ευσταθής, ασταθής κ.α.). Οι ατράκτορες είναι τεσσάρων ειδών. Οι πιο απλοί μπορεί να είναι ένα (ή περισσότερα) σημεία στο διάγραμμα φάσεων, δηλαδή καταστάσεις στις οποίες, ανάλογα με τις αρχικές συνθήκες, το σύστημα θα φτάσει και θα παραμείνει. Επίσης, οι ατράκτορες μπορεί να είναι οριακοί κύκλοι, δηλαδή απομονωμένες κλειστές τροχιές στις οποίες όταν το σύστημα μας βρεθεί, εμφανίζει περιοδική συμπεριφορά η οποία συνεχίζεται επ'άοριστον. Τέτοια συμπεριφορά παρουσιάζουν φαινόμενα όπως οι χτύποι της καρδιάς, ή ένα εξαναγκασμένο εκκρεμές (*Newman, 1996*). Οι ατράκτορες επίσης μπορούν να έχουν σχήμα τόρου, και τότε το σύστημα χαρακτηρίζεται από ημιπεριοδική συμπεριφορά, δηλαδή επαναλαμβανόμενη αλλά μη περιοδική. Τέλος στα χαοτικά συστήματα, έχουμε τους παράξενους ελκυστές. Οι παράξενοι ελκυστές είναι μια περιοχή στο διάγραμμα φάσεων ενός χαοτικού συστήματος, στην οποία το σύστημα τείνει απεριοδικά, δηλαδή ακολουθώντας μια τροχιά κατά την οποία δεν περνά ποτέ δύο φορές από την ίδια κατάσταση. Τέτοια είναι η κίνηση του διπλού εκκρεμούς. Σε προβλήματα συνεχούς χρόνου, οι τύποι ελκυστών εξαρτώνται από το βαθμό πολυπλοκότητας (τις διαστάσεις) του συστήματος, και έτσι σε μονοδιάστατα συστήματα συναντάμε ελκυστές-σημεία, σε διδιάστατα οριακούς κύκλους και σε προβλήματα τριών και πάνω διαστάσεων, τους παράξενους ελκυστές.



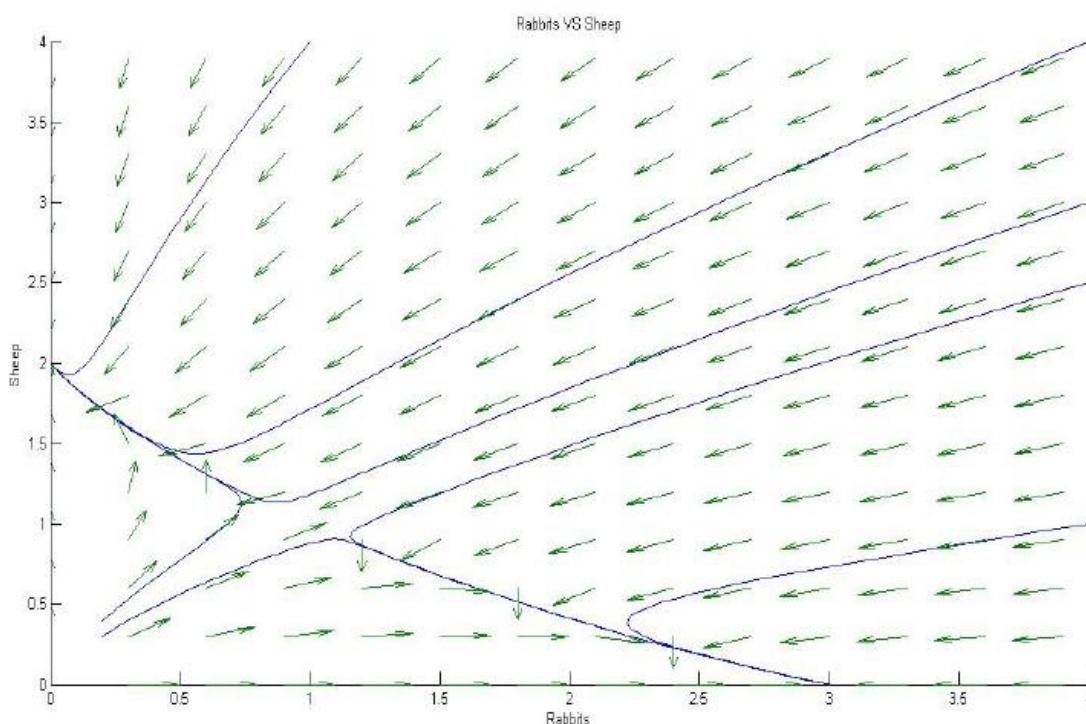
Ελκυστές – σημεία: Ευσταθής και ασταθής ισορροπία Ελκυστής – οριακός κύκλος. (Strogatz, 1994)



Δισδιάστατη απεικόνιση παράξενου ελκυστή (Strogatz, 1994)

Αφού λοιπόν βρούμε τους ελκυστές του συστήματος, αποφασίζουμε, με συγκεκριμένα μαθηματικά κριτήρια, και το είδος της ισορροπίας τους: μπορεί να είναι σταθερή ή ασταθής. Έτσι είμαστε έτοιμοι να απεικονίσουμε το διάγραμμα

φάσης και να έχουμε μια πλήρη εικόνα για τη συμπεριφορά του συστήματος ανάλογα με την αρχική κατάσταση στην οποία βρίσκεται. Μάλιστα, μπορούμε σε ένα διάγραμμα φάσης να διακρίνουμε «περιοχές» έλξης, δηλαδή μια ομάδα αρχικών συνθηκών που τείνουν στον ίδιο ελκυστή και τις οποίες ονομάζουμε «λεκάνες έλξης» (basins of attraction). Ως παράδειγμα, παραθέτουμε το διάγραμμα φάσης του μη γραμμικού συστήματος στο οποίο απεικονίζεται ο ανταγωνισμός δύο πληθυσμών, το λεγόμενο πρόβλημα «ειρηνικής συνύπαρξης».



Ευαισθησία στις αρχικές συνθήκες

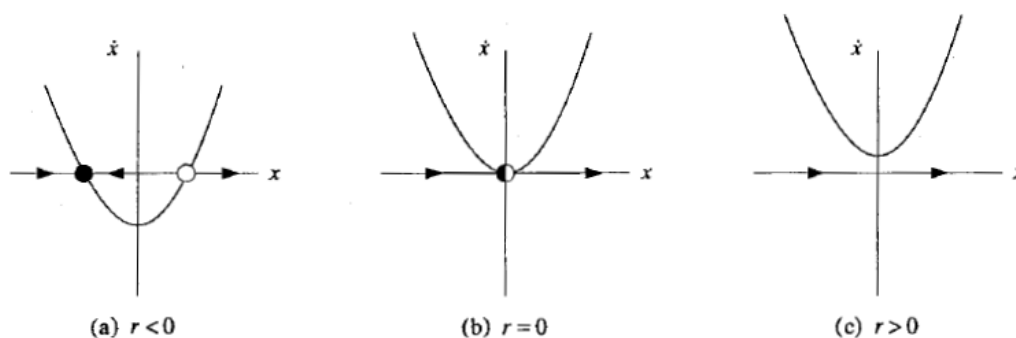
Είναι ξεκάθαρο, με την παραπάνω απεικόνιση, πως οι αρχικές συνθήκες καθορίζουν την εξέλιξη του συστήματος. Όμως, σε περιπτώσεις μη χαοτικών συστημάτων, δεν συναντάμε ευαισθησία στις αρχικές συνθήκες. Αυτό σημαίνει πως δύο «γειτονικές» αρχικές καταστάσεις ενός συστήματος, που βρίσκονται στην ίδια «λεκάνη έλξης» θα καταλήξουν στην ίδια τελική κατάσταση, σύμφωνα με τον ελκυστή του συστήματος. Το χαρακτηριστικό των χαοτικών συστημάτων και των παράξενων ελκυστών τους, είναι ότι δύο τροχιές του διαγράμματος φάσης που ξεκινούν από πολύ κοντινά σημεία, θα απομακρυνθούν πολύ γρήγορα η μία από την άλλη και θα έχουν εντελώς διαφορετική εξέλιξη. Αυτό έχει μια πολύ σημαντική

επίπτωση, καθώς καθίσταται αδύνατη η πρόβλεψη μιας μελλοντικής κατάστασης του συστήματος, εάν δε γνωρίζουμε τις αρχικές συνθήκες του με πολύ μεγάλη ακρίβεια.

Αποδεικνύεται μάλιστα, πως οι τροχιές αυτές απομακρύνονται με εκθετικό τρόπο, χάρη στον εκθετικό παράγοντα Lyapunov. Περαιτέρω, αποδεικνύεται πως για κάθε χαοτικό σύστημα και για οσοδήποτε μικρό σφάλμα στην μέτρηση των αρχικών συνθηκών, υπάρχει ένας χρονικός ορίζοντας πέρα από τον οποίον οι προβλέψεις μας καταρρέουν. Έτσι, εφόσον οι υπολογιστικές μας τεχνικές δεν μας επιτρέπουν άπειρη ακρίβεια (μηδενικό σφάλμα) στην μέτρηση των αρχικών συνθηκών, η μη προβλεψιμότητα παραμένει βασικό χαρακτηριστικό των χαοτικών συστημάτων. Η μη προβλεψιμότητα του χάους λοιπόν, είναι μια ιδιότητα που δεν προκύπτει από λογικό περιορισμό (όπως για παράδειγμα η αρχή της αβεβαιότητας στην κβαντομηχανική), αλλά ούτε και πρόκειται να λυθεί με τη βελτίωση των υπολογιστικών τεχνικών, καθώς εφόσον η ακρίβεια μας δεν μπορεί να είναι άπειρη, τότε δεν μπορεί να γίνει πρόβλεψη με τον επιθυμητό βαθμό σφάλματος (Stone, o.a. σε Newman, 1996).

Διακλαδώσεις (Bifurcations), Αυτο-οργάνωση και Χάος

Άλλο ένα ενδιαφέρον στοιχείο στη συμπεριφορά των μη γραμμικών συστημάτων είναι το φαινόμενο των *διακλαδώσεων*, δηλαδή ποιοτικών αλλαγών στη συμπεριφορά του συστήματος, ανάλογα με την τιμή μιας ή περισσότερων παραμέτρων. Παρατηρείται, σε τέτοια συστήματα, πως για διάφορες τιμές των παραμέτρων που τα ελέγχουν, μπορούμε να έχουμε την καταστροφή ελκυστών, την εμφάνιση νέων μαζί με ταυτόχρονη αλλαγή της ευστάθειας τους. Για παράδειγμα, σε ένα πολύ απλό σύστημα της μορφής: $x' = r + x^2$, για θετικές τιμές του r δεν υπάρχει κανένα σημείο ισορροπίας, ενώ για αρνητικές τιμές εμφανίζονται δύο σημεία ισορροπίας διαφορετικής ευστάθειας. Επομένως το σημείο 0 είναι ένα σημείο διακλάδωσης του συστήματος.



Αυτή είναι μια διακλάδωση σάγματος-κόμβου. Σε άλλους τύπους συστημάτων, διαφορετικής τάξης και συμπεριφοράς, συναντάμε διαφορετικούς τύπους διακλαδώσεων (διακλαδώσεις διχάλας, αναδίπλωσης, μετακρίσιμες) που το κοινό τους χαρακτηριστικό είναι η εξάρτηση της συμπεριφοράς του συστήματος από κάποια παράμετρο. Στο συγκεκριμένο μας παράδειγμα μάλιστα, οι Abraham & Shaw, ονόμασαν αυτού του τύπου τη συμπεριφορά ως «ουρανοκατέβατη» γιατί φαίνεται πως εμφανίζονται από το πουθενά σημεία ισοροπίας, καθώς αλλάζουμε τις τιμές μιας παραμέτρου (Abraham & Shaw, *ο.α. σε Strogatz, 1994*). Τέτοιες συμπεριφορές παρατηρούμε σε βιολογικά μοντέλα για τους πληθυσμούς εντόμων, και στο φαινόμενο παραγωγής ακτινοβολίας laser με την εκπομπή ακτινοβολίας πάνω σε ένα ενεργό υλικό. Σε αυτό το παράδειγμα, η εξωτερική πηγή ενέργειας διεγείρει τα άτομα του υλικού τα οποία όμως ταλαντώνονται και εκπέμπουν ενέργεια ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, σε διαφορετικές συχνότητες. Ξαφνικά όμως, καθώς ανεβάζουμε την ισχύ της εξωτερικής πηγής ενέργειας, και εάν αυτή περάσει ένα συγκεκριμένο κατώφλι, τα άτομα παύουν να συμπεριφέρονται ανεξάρτητα, το σύστημα αποκτά συνοχή και εκπέμπουν έτσι μια ακτίνα laser. Αυτό συνιστά και ένα παράδειγμα *αυτο-οργάνωσης* ενός φυσικού συστήματος, δηλαδή της απότομης ανάπτυξης συνοχής ανάμεσα στη συμπεριφορά των επιμέρους του στοιχείων.

Η παράξενη αυτή εξάρτηση της συμπεριφοράς μη γραμμικών συστημάτων από την τιμή κάποιας παραμέτρου δε σταματά εδώ όμως. Η μελέτη μιας κατηγορίας συστημάτων *διακριτού χρόνου*, φανερώνει πως ακόμα και πολύ απλά συστήματα μπορεί να έχουν χαοτική συμπεριφορά. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του διακριτού ανάλογου της *λογιστικής εξίσωσης*:

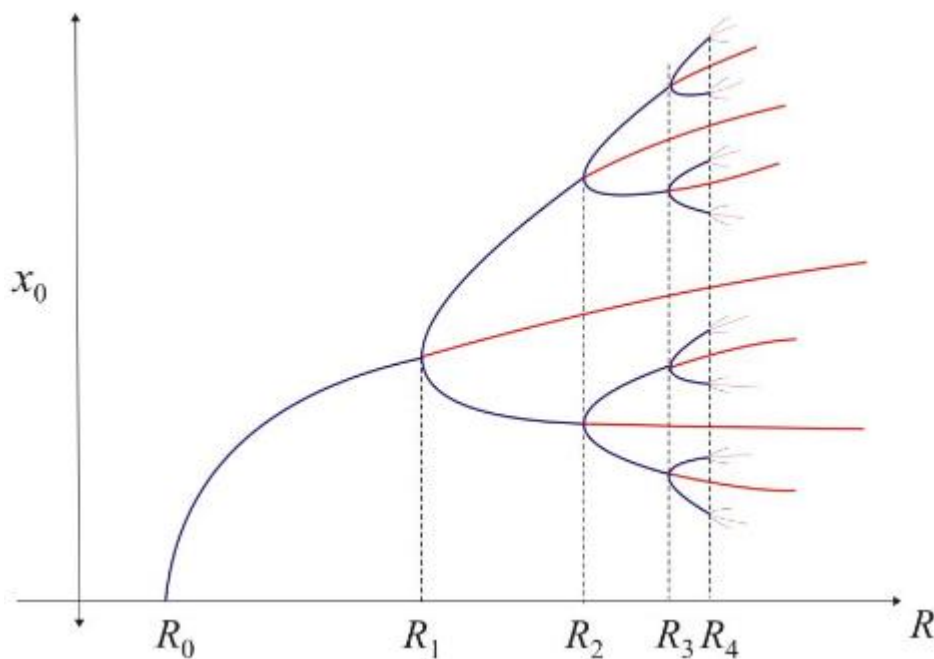
$$x_{n+1} = rx_n(1 - x_n)^{26}$$

που χρησιμοποιείται σε μοντέλα εξέλιξης πληθυσμών. Στην περίπτωση αυτή η μεταβλητή αφορά το μέγεθος του πληθυσμού μετά από n γενιές, και η παράμετρος r το ρυθμό ανάπτυξης του πληθυσμού. Καθώς αλλάζουμε την τιμή της παραμέτρου, η συμπεριφορά του συστήματος έχει ως εξής:

- Για $r < 1$, ο πληθυσμός πιάνει ένα μέγιστο αλλά πάντα αφανίζεται.

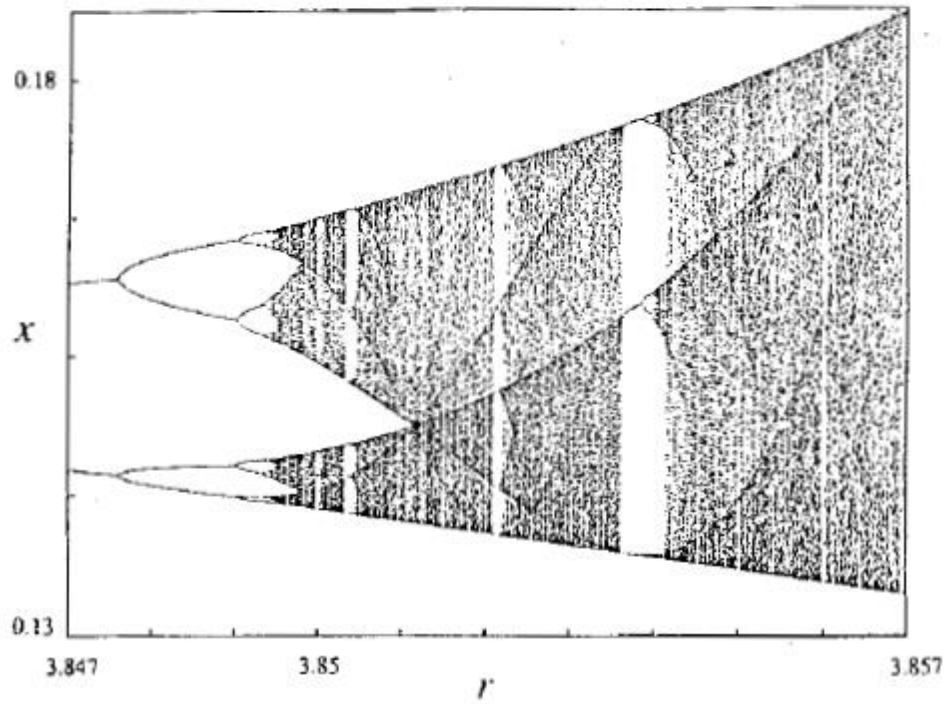
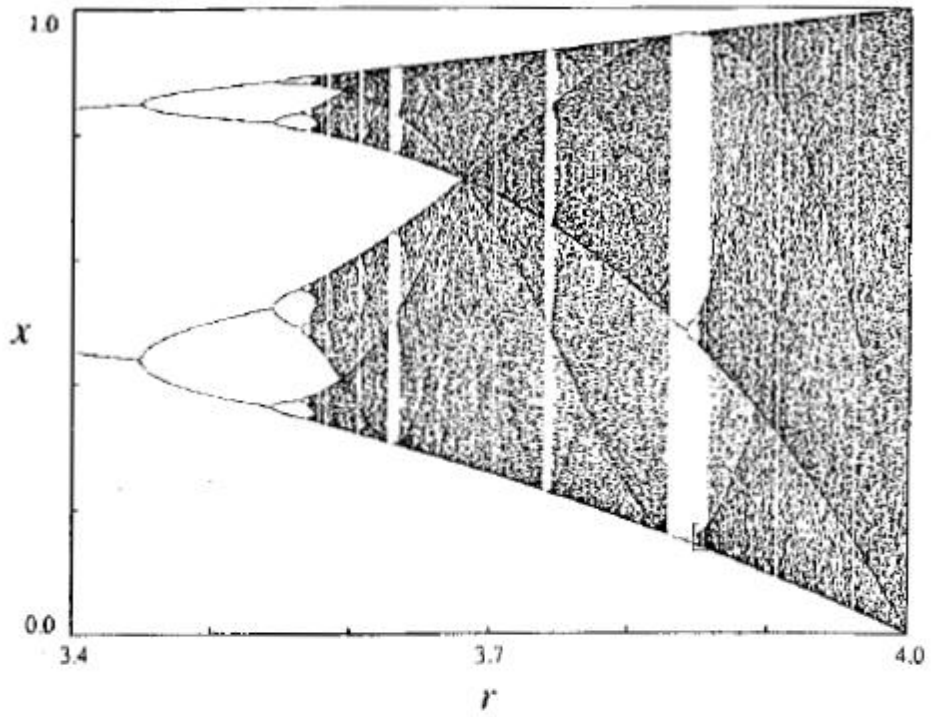
²⁶ Η συνεχής της μορφή είναι $N' = rN(1 - \frac{N}{K})$

- Για $1 < r < 3$, ο πληθυσμός, μετά από κάποιες γενιές, ισορροπεί σε μια μηδενική τιμή.
- Για μεγαλύτερες τιμές του r , π.χ. 3.3 (Strogatz, 1994), ο πληθυσμός ταλαντώνεται ανάμεσα σε μια μέγιστη τιμή για μία γενιά, και μια ελάχιστη για την επόμενη (τροχιά περιόδου 2).
- Για λίγο μεγαλύτερη τιμή του r , έχουμε ένα κύκλο που επαναλαμβάνεται κάθε 4 γενιές. Μάλιστα, αυτοί οι διπλασιασμοί των κύκλων συνεχίζουν για μεγαλύτερα r , και μάλιστα η απόσταση μεταξύ των διακλαδώσεων γίνεται όλο και πιο μικρή.



(Βουγιατζής & Μελετίδου, 2015)

Τελικά, αυτό που συμβαίνει για $3,5 < r < 4$ είναι ότι το διάγραμμα διακλαδώσεων του συστήματος γίνεται χαοτικό και οι ατράκτορες, από μια ορισμένη ομάδα σημείων, σε άπειρα σημεία πάνω στο διάγραμμα. Τότε μιλάμε για απεριοδική συμπεριφορά του συστήματος, αλλά το πιο συναρπαστικό είναι το εξής: μπορούμε να διακρίνουμε περιοχές περιοδικής συμπεριφοράς ανάμεσα στα χαοτικά κομμάτια του διαγράμματος. Επίσης, αν παρατηρήσουμε το διάγραμμα σε μικρότερη κλίμακα του r , τότε αυτό φαίνεται να έχει την ίδια συμπεριφορά. Η συνύπαρξη αυτή, τάξης και χάους, απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Campbell, 1979, o.a. σε Strogatz, 1994

Τα παραπάνω στοιχεία αφορούν τη συμπεριφορά του συστήματος της λογιστικής εξίσωσης και την πορεία του προς το χάος. Μια ιδιαίτερα σημαντική ιδιότητα των μη γραμμικών συστημάτων όμως, είναι η καθολικότητα. Αν κάνουμε την ίδια διαδικασία για ένα άλλο σύστημα, με όμοια μαθηματική έκφραση $x_{n+1} = rf(x_n)$, αλλά εντελώς διαφορετική δυναμική, τότε η ποιοτική συμπεριφορά του είναι ακριβώς η ίδια! Υπάρχουν ποσοτικές διαφορές στις τιμές του r όπου εμφανίζονται τα σημεία διακλάδωσης, όμως η ποιοτική εξέλιξη των συστημάτων, η πορεία τους προς το χάος με διαδοχικές διακλαδώσεις και διπλασιασμούς περιόδων, είναι πανομοιότυπη και για τα δύο συστήματα. Η καθολικότητα σε ποσοτικό επίπεδο, ανακαλύφθηκε από τον Feigenbaum, ο οποίος παρατήρησε πως ο λόγος των αποστάσεων (σε κλίμακα n) δύο διαδοχικών διακλαδώσεων συγκλίνει, καθώς το n τείνει στο άπειρο, σε ένα σταθερό αριθμό $\delta = 4.669$, που είναι κοινός για την απεικόνιση οποιουδήποτε συστήματος.

Ανάδυση σε μη γραμμικά και χαοτικά συστήματα

Είμαστε σε θέση, σε αυτό το σημείο, να αναδείξουμε μερικά βασικά σημεία για το πως εμφανίζεται η έννοια της ανάδυσης στη μελέτη των μη γραμμικών συστημάτων. Η συζήτηση γύρω από αυτό το θέμα έχει πολλά ερωτήματα, ειδικότερα για το κατά πόσο συναντάμε οντολογική ή επιστημολογική ανάδυση στα μη γραμμικά φαινόμενα, όμως υπάρχει συμφωνία πως η Θεωρία του Χάους μας δίνει πληθώρα παραδειγμάτων για αναδυόμενα φαινόμενα, της μιας κατηγορίας ή της άλλης (Silberstein & MacGeever, 1999, Newman, 1996, Bedau, 1997).

Ξεκινώντας από την επιστημολογική ανάδυση, για παράδειγμα, η εμφάνιση αναδυόμενων φαινομένων θα πρέπει να οφείλεται σε κάποια αδυναμία των επιστημονικών μας εργαλείων στο να προβλέψουμε την εμφάνιση νέων ιδιοτήτων και συμπεριφορών ενός συστήματος. Συγκεκριμένα, ο Newman (Newman, 1996), στηρίζεται σε έναν ορισμό του C.D. Broad για την ανάδυση, που αναφέρει πως κάθε πρόβλεψη εμφάνισης νέων ιδιοτήτων είναι αδύνατη, ακόμα και αν έχουμε μια ιδανική θεωρία για τη δυναμική του συστήματος. Μέσω αυτού του ορισμού, αναδεικνύει την μη προβλεψιμότητα στην εμφάνιση νέων ιδιοτήτων των χαοτικών συστημάτων ως ένα επιστημολογικά αναδυόμενο φαινόμενο, αφού οφείλεται σε τέτοιου είδους περιορισμούς: «τα χαοτικά συστήματα εμποδίζουν την ακριβή πρόβλεψη με δύο τρόπους που ο Broad θα μπορούσε να εννοεί για την αδυναμία πρόβλεψης αναδυόμενων

ιδιοτήτων. Πρώτον, η ευαισθησία στις αρχικές συνθήκες αποκλείει την πρόβλεψη της εμφάνισης μιας ιδιότητας ακόμα και αν γνωρίζουμε επακριβώς το σύστημα το οποίο εξετάζουμε. Δεύτερον, αυτή η ευαισθησία και οι περιορισμοί στην ακρίβεια των μετρήσεων, μας εμποδίζουν να αποκτήσουμε όλες τις πληροφορίες για το σύστημα το οποίο εξετάζουμε. Αυτό σημαίνει πως η πρόβλεψη της εμφάνισης ορισμένων ιδιοτήτων ενός χαοτικού συστήματος είναι αδύνατη».²⁷

Με παρόμοιο τρόπο, εντοπίζει και ο Silberstein (*Silberstein & MacGeever, 1999*) ότι η θεωρία του χάους αναδεικνύει προβλήματα του αναγωγισμού, αφού παρά την ντετερμινιστική δυναμική των χαοτικών συστημάτων (διαφορικές εξισώσεις), δεν υπάρχει δυνατότητα πρόβλεψης, λόγω του περιορισμού στην ακρίβεια των μετρήσεων. Επομένως, για αυτούς τους λόγους τα χαοτικά συστήματα επιδεικνύουν επιστημολογικά αναδυόμενες συμπεριφορές.

Σε αυτή την κατηγορία ανάδυσης θα μπορούσαμε να προσθέσουμε και τον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζουμε τα μη γραμμικά συστήματα γενικότερα. Αν θυμηθούμε τον ορισμό της συναφούς ανάδυσης του *Bishop*, που αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, βλέπουμε πως μια ιδιότητα είναι αναδυόμενη όταν οι περιγραφές σε χαμηλότερο επίπεδο δεν είναι ικανές για την περιγραφή ιδιοτήτων σε υψηλότερο επίπεδο. Μαζί με αυτές χρειαζόμαστε μια και τον καθορισμό συνθηκών που αφορούν το ανώτερο επίπεδο οργάνωσης, όπως για παράδειγμα καταστάσεις ισορροπίας. Αυτός ο τρόπος προσέγγισης είναι ακριβώς ο τρόπος με τον οποίο προσεγγίζουμε τα μη γραμμικά συστήματα. Βασιζόμαστε σε μια ποιοτική ανάλυση, που ακολουθεί αυτή την πορεία: καθορίζουμε τους ατράκτορες του συστήματος, αναπαριστούμε γραφικά το διάγραμμα φάσης και τις λεκάνες έλξης, και έτσι έχουμε μια εικόνα για την συμπεριφορά του σε βάθος χρόνου. Οι κατώτερες περιγραφές, δηλαδή οι διαφορικές εξισώσεις, δεν αρκούν από μόνες τους για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του συστήματος, αλλά καταφεύγουμε σε αυτή τη γεωμετρική απεικόνιση, που αφορά την περιγραφή του σε ανώτερο επίπεδο. Αυτή είναι μια περίπτωση ανάδυσης που ταιριάζει με τον ορισμό του *Bishop*.

Από την άλλη, οι περιπτώσεις της οντολογικής ανάδυσης φαίνεται να είναι λιγότερο ξεκάθαρες, αλλά κάποια επιχειρήματα έχουν δοθεί από θεωρητικούς και φιλόσοφους της επιστήμης. Για να έχουμε οντολογική ανάδυση, θα πρέπει να συναντάμε «συστημικές» ιδιότητες, στο ανώτερο επίπεδο, που δεν μπορούν να

²⁷ *Newman, 1996, σ. 256*

εντοπιστούν στο κατώτερο. Πολλοί πιστεύουν ότι η θεωρία του χάους δεν προσφέρει τέτοια παραδείγματα και πως γενικά δεν κοντράρει τη φιλοσοφική αρχή του αναγωγισμού (Kellert, ο.α. σε Silberstein & MacGeever, 1999). Παρόλαυτα, ο Newman στο άρθρο που προαναφέραμε, επιχειρηματολογεί πως, σύμφωνα με τις ιδέες του Broad είναι δυνατόν να αποδείξουμε πως η ιδιότητα της «λεκάνης έλξης» είναι μια οντολογικά αναδυόμενη ιδιότητα ενός χαοτικού συστήματος, που δεν μπορεί να αναχθεί στις περιγραφές του μικρο-επιπέδου.

Οι Silberstein και MacGeever επίσης, θέτουν παρόμοια ερωτήματα στην δική τους εργασία. Πάνω στο ερώτημα τους αν τελικά οι αιτιακές σχέσεις που επικρατούν ανάμεσα στα μέρη ενός χαοτικού συστήματος είναι αρκετές ώστε να περιγράψουμε τη συλλογική συμπεριφορά του, βρίσκουν πως η εμφάνιση των παράξενων ελκυστών και της καθολικότητας των χαοτικών συστημάτων, μπορούν να σταθούν ως αντεπιχείρημα για κάτι τέτοιο. Συγκεκριμένα, υποστηρίζουν πως αν αντιληφθούμε τους ατράκτορες σαν ένα αληθινό φυσικό αντικείμενο, τότε θα έχουμε μια καλή εξήγηση για την καθολική συμπεριφορά των συστημάτων αυτών. Οι ατράκτορες είναι το κλειδί της μετατροπής της θεωρίας του χάους από μια μαθηματική αφάιρηση, σε μια πραγματική απεικόνιση του φυσικού κόσμου, καθώς όπως αναφέρει ο Scott: «Οι ατράκτορες περικλείουν τη συμπεριφορά ενός συστήματος σε συγκεκριμένες περιοχές του διαγράμματος φάσης, επομένως είναι κυριολεκτικά κάτι που κάνει ένα σύστημα. Αυτή η συμπεριφορά περιγράφει την αυτοοργάνωση που συναντάμε στις περισσότερες περιπτώσεις» (Scott, ο.α. σε Silberstein & MacGeever, 1999). Πράγματι, οι ατράκτορες, μπορούν να λογιστούν ως τέτοια στοιχεία οντολογικής ανάδυσης, αφού επιδεικνύουν μια «σαρωτική» συμπεριφορά, που αδιαφορεί για τη μικρο-δυναμική και τις αλλαγές στις μικροκαταστάσεις των συστημάτων. Αυτή η συμπεριφορά εμφανίζεται διαθεματικά, σε πολλές δομές, διαφορετικών επιστημονικών πεδίων, από τις εξισώσεις για τον καιρό του Lorenz μέχρι μοντέλα εξέλιξης πληθυσμών, ή την κίνηση του διπλού εκκρεμούς και μας δείχνει πως η αυτοοργάνωση των συστημάτων, και η εξέλιξη τους σε συγκεκριμένες περιοχές του διαγράμματος φάσεων, είναι μια συστημική ιδιότητα, που δεν μπορεί να εντοπιστεί στις ιδιότητες των κατώτερων δομών.

Αναπτύσσοντας την παραπάνω σκέψη, παρόμοια συμπεράσματα μπορούμε να βγάλουμε και από την καθολικότητα της πορείας των συστημάτων προς το χάος (όπως το παράδειγμα της λογιστικής εξίσωσης): βλέπουμε πως η συμπεριφορά

διαφορετικών συστημάτων, με διαφορετικές μαθηματικές περιγραφές της δυναμικής που καθορίζει τη συμπεριφορά των επιμέρους τους στοιχείων, επιδεικνύουν μια καθολική, όμοια συμπεριφορά στην πορεία τους προς το χάος. Αυτή η συμπεριφορά μπορεί να χαρακτηριστεί ως αναδυόμενη, αφού είναι αδιάφορη ως προς τις λεπτομέρειες που επικρατούν στο σύστημα στις χαμηλότερες βαθμίδες, και είναι μια ιδιότητα των μη γραμμικών συστημάτων σαν σύνολο. Αυτή εικόνα της ανάδυσης συνάδει με τους περισσότερους ορισμούς που είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

5. Συμπεράσματα:
Σύγχρονες επιστημονικές θεωρίες και η έννοια της
«ανάδυσης»

Όπως είδαμε στα προηγούμενα κεφάλαια, η διαλεκτική μέθοδος αναπτύχθηκε σε μια περίοδο που το κύριο ρεύμα σκέψης στις φυσικές επιστήμες ήταν ο μηχανιστικός υλισμός, που συνοψίζεται στις ιδέες του Descartes και στον Λαπλασιανού δαίμονα. Βασικά στοιχεία αυτής της μεθόδου, ήταν η ανάλυση των πολύπλοκων συστημάτων στα επιμέρους τους, των οποίων οι ανεξάρτητες ιδιότητες θα μας δώσουν τελικά τις ιδιότητες και τη λύση ολόκληρου του συστήματος. Αυτή η λογική είναι εμφανής και στην ιδέα του Λαπλασιανού δαίμονα, που υποστηρίζει πως με όλες τις πληροφορίες για τα συστατικά στοιχεία του σύμπαντος, μπορούμε να προβλέψουμε με ακρίβεια την εξέλιξη του. Θεωρούμε ότι το αντίστοιχο ρεύμα του αναγωγισμού που υπάρχει στην επιστήμη σήμερα, σχετίζεται άμεσα με αυτές τις ιδέες του μηχανιστικού υλισμού, αφού φαίνεται πως θεμελιώνεται πάνω στην ίδια γραμμική αντίληψη για τη σχέση ενός συνόλου με τα μέρη του. Τόσο η διαλεκτική μέθοδος όσο και η φιλοσοφία της ανάδυσης είναι συστήματα σκέψης που αναπτύσσονται σαν κριτική σε αυτές τις ιδέες, του μηχανιστικού υλισμού και του αναγωγισμού αντίστοιχα, οπότε αυτό αποτελεί μια πρώτη ένδειξη της συνάφειας τους.

Είδαμε πως το 19^ο αιώνα, ξεκινά η λεγόμενη επιστήμη του πολύπλοκου, με πολλές ανακαλύψεις που συσχετίζουν διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους μεταξύ τους, που έως τότε θεωρούνταν ξεχωριστοί, δίνοντας έτσι μια ώθηση στην συζήτηση για τις σχέσεις ανάμεσα στις φυσικές επιστήμες, που μελετούν διαφορετικά επίπεδα οργάνωσης της ύλης. Οι αντιλήψεις της ανάδυσης και του αναγωγισμού έρχονται να δώσουν διαφορετικές απαντήσεις πάνω σε αυτό το ζήτημα. Την ίδια περίοδο, ο Χέγκελ και στη συνέχεια ο Μαρξ και ο Ένγκελς, θεμελιώνουν τη διαλεκτική ως μια γενικότερη φιλοσοφία της αλλαγής στη φύση και την κοινωνία: οι νόμοι της διαλεκτικής με την ευρεία εφαρμογή τους σε φυσικά συστήματα και στην εξέλιξη της ανθρώπινης κοινωνίας, μας δίνουν μια εικόνα για το πως γίνονται οι ποιοτικές αλλαγές και οι μεταβάσεις στα διαφορετικά επίπεδα οργάνωσης της ύλης. Από τα παραδείγματα που είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, είναι ξεκάθαρο πως τα παραδείγματα από τις φυσικές επιστήμες της εποχής τους αποτελούν σημαντικό

κομμάτι του έργου τους, στην προσπάθεια να αποδείξουν την συνάφεια αυτών των νόμων της αλλαγής με τις διαδικασίες της φύσης. Η προσπάθεια αυτή, από τους Μαρξ και Ένγκελς, και αργότερα από τον Λένιν ήταν πολύ σημαντική καθώς μέσω αυτής η διαλεκτική αποτέλεσε θεμέλιο μιας επιστημονικής φιλοσοφίας, του διαλεκτικού υλισμού, και αποσπάστηκε από την ιδεαλιστική Χεγκελιανή, αρχική μορφή της.

Την ίδια περίοδο, έχουμε την εμφάνιση και της φιλοσοφίας της ανάπτυξης και η φιλοσοφική της κόντρα με τον αναγωγισμό, είναι επίσης πάνω σε ζητήματα αλλαγών στη φύση: αν μπορούμε να αναγάγουμε τις ποιοτικές αλλαγές σε ένα σύστημα στη συμπεριφορά των μερών του και πως εμφανίζονται νέες ιδιότητες της ύλης καθώς μεταβαίνουμε από χαμηλότερες σε ανώτερες βαθμίδες οργάνωσης. Οι πρώτες προσεγγίσεις των φιλόσοφων της ανάπτυξης αναδεικνύουν ζητήματα μη προβλεψιμότητας των νέων αυτών ιδιοτήτων με ένα απόλυτο τρόπο, που έδωσε στην αρχική μορφή της ανάπτυξης έναν «μυστικιστικό» χαρακτήρα. Όμως, με το πέρασμα του χρόνου και με την εμφάνιση σύγχρονων επιστημονικών θεωριών, η συζήτηση για την ανάπτυξη αποκτά μια πιο υλική βάση, και φαίνεται πως σήμερα έχει κεντρικό ρόλο στη συζήτηση για αυτά τα ζητήματα στη φιλοσοφία και τη μεθοδολογία των επιστημών. Είδαμε παραδείγματα που αφορούν τη μελέτη των μη γραμμικών συστημάτων στη φυσική και τη βιολογία, τις μεταβάσεις στη χρονική κλίμακα της εξελικτικής βιολογίας, την ενδεχομενικότητα στην θεμελίωση φυσικών θεωριών και που αυτά έχουν οδηγήσει την συζήτηση για την ανάπτυξη σήμερα.

Πίσω στη συζήτηση για τη διαλεκτική όμως. Θα μπορούσαμε να δούμε μια τέτοια εξέλιξη και εμπλουτισμό της διαλεκτικής, αντίστοιχη με αυτή που περιγράψαμε για την ανάπτυξη; Σίγουρα, οι σύγχρονες επιστημονικές θεωρίες δεν μπορούν να αφήσουν αδιάφορη τη διαλεκτική, ειδικά εφόσον θεμελιώθηκε πάνω σε παραδείγματα από τις φυσικές επιστήμες και ασχολείται με ζητήματα εξέλιξης και ποιοτικής αλλαγής σε φυσικά και κοινωνικά συστήματα. Είναι σημαντικό εδώ να πούμε πως οι Χέγκελ, Μαρξ και Ένγκελς, είχαν τα εργαλεία που τους επέτρεπε η εποχή τους, όσον αφορά τις επιστημονικές ανακαλύψεις. Σήμερα λοιπόν, που τα εργαλεία αυτά έχουν αναβαθμιστεί, μπορούμε να υποθέσουμε πως και αυτά με τη σειρά τους μπορούν να αναβαθμίσουν το θεωρητικό εργαλείο της διαλεκτικής. Ο Ένγκελς όπως προαναφέραμε, άλλωστε, είχε με τη σειρά του εντοπίσει πως ο διαλεκτικός υλισμός είναι αναγκασμένος μπροστά σε νέες ανακαλύψεις, να αλλάζει τη μορφή του. Κατά

τη γνώμη μας, η συζήτηση που αναδείξαμε γύρω από την ανάδυση σε σύγχρονες επιστημονικές θεωρίες μπορεί να αποτελέσει ένα τέτοιο παράδειγμα εμπλουτισμού της διαλεκτικής από την επιστήμη της εποχής της.

Για παράδειγμα, βλέπουμε πως εμφανίζεται ο νόμος του περάσματος από την ποσότητα στην ποιότητα, με παραδείγματα από τις μετατροπές κλίμακας της ύλης (από μάζα σε άτομο και από άτομο σε μόριο) στη *Διαλεκτική της Φύσης* και παραδείγματα από τις αλλαγές φάσεων σε θερμοδυναμικά συστήματα στον Χέγκελ. Σήμερα, με τη συζήτηση που έχει αναπτυχθεί γύρω από την έννοια της ανάδυσης στη ρευστοδυναμική, τα «ποιοτικά όρια» στις ποσοτικές αλλαγές στα οποία αναφερόταν ο Ένγκελς, αποκτούν πιο ξεκάθαρη μορφή. Πλέον έχουμε νέες πληροφορίες για αυτές τις ποιοτικές αλλαγές, που έχουν να κάνουν με την ολοένα αυξανόμενη πολυπλοκότητα του συστήματος καθώς πλησιάζει ένα κρίσιμο σημείο στο οποίο αλλάζει ποιοτικά τη συμπεριφορά του (όπως αναδεικνύεται από την ανάλυση του Batterman για τις αλλαγές φάσης που αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο). Η έννοια της ανάδυσης λοιπόν, αναδεικνύει το ρόλο του βαθμού της πολυπλοκότητας ενός συστήματος στις ποιοτικές αλλαγές κατά ένα τρόπο που δεν ακυρώνει, αλλά εμπλουτίζει το νόμο του περάσματος από την ποσότητα στην ποιότητα.

Παρόμοια συμπεράσματα θα μπορούσαμε να βγάλουμε και για τον διαλεκτικό νόμο της άρνησης της άρνησης, σύμφωνα με τον οποίο όλες οι εξελικτικές διαδικασίες από μια κατώτερη σε μια ανώτερη βαθμίδα οργάνωσης της ύλης γίνονται με διαδοχικές αρνήσεις και εμφάνιση εντελώς νέων νόμων σε κάθε βαθμίδα οργάνωσης. Εδώ η εμπλοκή της ανάδυσης είναι άμεση. Καταρχάς, η μελέτη μας για τα μοτίβα ανάδυσης στο μοντέλο της Εστιγμένης Ισορροπίας των Gould & Eldredge για την εξέλιξη των ειδών αναδεικνύει ακριβώς αυτό: καθώς μεταβαίνουμε από χαμηλότερα επίπεδα οργάνωσης των οργανισμών (πληθυσμοί) σε ανώτερα (είδη), χρειαζόμαστε νέους νόμους και νέες περιγραφές για τις εξελικτικές τους διαδικασίες. Πέρα όμως από μια απλή επιβεβαίωση, η θεωρία της εστιγμένης ισορροπίας αναδεικνύει και το ρόλο της ενδεχομενικότητας (π.χ. γεγονότα αλλοπατρικής ειδογένεσης ή αστρονομικά φαινόμενα σε αφανισμούς) σε αυτές τις μεταβάσεις, που παραπέμπει αναγκαστικά σε μια πιο πολύπλοκη προσέγγιση για την κατανόηση της εμφάνισης νέων νόμων κατά τις αλλαγές των βαθμίδων οργάνωσης. Την ενδεχομενικότητα επίσης τη συναντάμε και σαν στοιχείο της πιο πολύπλοκης προσέγγισης του Cushing στο ζήτημα της επιλογής των φυσικών θεωριών.

Το ζήτημα της εμφάνισης των νέων νόμων και ιδιοτήτων σε στοιχείο των μεταβάσεων από κατώτερες σε ανώτερες βαθμίδες οργάνωσης της ύλης αναδεικνύεται και από τη μελέτη των μη γραμμικών συστημάτων, καθώς είδαμε πως όσο μεταβαίνουμε σε προβλήματα περισσότερων διαστάσεων, αλλάζουν και οι διαδικασίες με τις οποίες ένα σύστημα αυτο-οργανώνεται ή φτάνει σε μια ισορροπία. Μια μαθηματική προσέγγιση για την συνάφεια της διαλεκτικής με τα μαθηματικά της θεωρίας του Χάους άλλωστε είδαμε και από τον Barkley (*Barkley, 2000*). Μέσα από την έννοια της ανάδυσης στη θεωρία του χάους όμως, βλέπουμε πως όσο προχωράμε σε ανώτερα επίπεδα οργάνωσης (χαοτικά συστήματα), η μη προβλεψιμότητα γίνεται αναπόσπαστο χαρακτηριστικό του συστήματος μας. Μπορούμε να γνωρίζουμε τη γενική του συμπεριφορά προς την αυτο-οργάνωση γνωρίζοντας τη μορφή του παράξενου ελκυστή του, αλλά η ακριβής πρόβλεψη των νέων ιδιοτήτων που θα αναδυθούν είναι αδύνατη.

Συμπερασματικά λοιπόν θα λέγαμε πως πράγματι η έννοια της ανάδυσης, όπως αυτή αναδεικνύεται σε αυτές τις τρεις σύγχρονες θεωρίες που αναφέραμε, μπορεί όντως να εμπλουτίσει τη διαλεκτική. Αυτό δε σημαίνει βέβαια, πως δεν υπάρχει μια αμφίδρομη σχέση ανάμεσα στη διαλεκτική και τις φυσικές επιστήμες. Εύστοχα ο Wan (*Wan, 2012*), αναφέρεται στον Gould και την ιδέα του για τη διαλεκτική ως μια γενικότερη φιλοσοφία της αλλαγής που μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο στα χέρια των επιστημόνων που μελετούν τέτοιες αλλαγές στη φύση. Ο ίδιος ο Gould άλλωστε αναγνώριζε τις επιρροές της μαρξιστικής φιλοσοφίας στις ιδέες του που γέννησαν τη θεωρία της εστιγμένης ισορροπίας, και την εικόνα απότομων ποιοτικών αλλαγών στην εξέλιξη των ειδών, που στη συνέχεια εξελίχτηκε σε μια θεωρία για την μακροεξέλιξη σε ανώτερο ταξινομικό επίπεδο. Σύμφωνα με αυτή τη σκέψη και τα συμπεράσματα από τη δική μας εργασία, βλέπουμε πως τελικά η διαλεκτική μπορεί να δημιουργήσει τις συνθήκες για την ίδια της την εξέλιξη: παρέχει θεωρητικά εργαλεία για τη μελέτη διεργασιών στη φύση και στην κοινωνία, η οποία στη συνέχεια θα οδηγήσει στην ανάπτυξη νέων θεωριών και εννοιών που θα την εμπλουτίσουν και θα την αναβαθμίσουν.

Βιβλιογραφία

Άρθρα

- Batterman, R. (2011). Emergence, Singularities, and Symmetry Breaking. *Foundations of Physics*, 41, 1031-1050.
- Bishop, R.C. Atmanspacher, H. (2006). Contextual emergence in the description of properties. *Foundations of Physics*, 36, 1753-1777.
- Silberstein, M., MacGeever, J. (1999). The Search for Ontological Emergence. *The Philosophical Quarterly*, 49(195), 201-214.
- Bedau, M.A. (1997). Weak Emergence. *Philosophical Perspectives*, 11, *Mind, Causation, and World*, 375-398.
- Newman, D.V. (1996). Emergence and Strange Attractors. *Philosophy of Science*, 63, 245-261.
- Rigato, J. (2017). Looking For Emergence in Physics. *Phenomenology and Mind*, 12, 174-183.
- Σκορδούλης, Κ. (1997). Θεωρία του Χάους και Διαλεκτική. *Θέσεις – τριμηνιαία επιθεώρηση*, 58.
- Ollman, B. (1998). Why Dialectics? Why Now?. *Science & Society*, Vol. 62, No. 3, *Dialectics: The New Frontier*, 338-357.
- Levins, R. (1998). Dialectics and Systems Theory. *Science & Society*, Vol. 62, No. 3, *Dialectics: The New Frontier*, 375-399.
- Kovel, J. (1998). Dialectic as Praxis. *Science & Society*, Vol. 62, No. 3, *Dialectics: The New Frontier*, 474 – 482.
- Seve, L. (2008). Dialectics of Emergence. *Dialectics for the New Century*, Palgrave Macmillan (pub.), 85-97.
- Wan, P.Y. (2013). Dialectics, Complexity, and the Systemic Approach: Toward a Critical Reconciliation. *Philosophy of the Social Sciences*, 43(4), 411-452.
- Mpitsakis, E.I. (2002). Complementarity: Dialectics or Formal Logic?. *Nature, Society and Thought*, 15(3), 275-306.
- Forstner, Christian. 2005. *Dialectical Materialism and the Construction of a New Quantum Theory: David Joseph Bohm, 1917–1992*. Preprint. Max Planck Institute for the History of Science.

- Jacobsen, A.S. (2007). Leon Rosenfeld's Marxist defense of Complementarity. *Historical Studies in the Physical and the Biological Sciences*, 37, 3-34.
- Barkley Rosser Jr, J. (2000). Aspects of Dialectics and non-linear dynamics. *Cambridge Journal of Economics*, 24, 311-324.
- McGarr, P. (1990). Order Out of Chaos. *International Socialism*, 48, 137-159.
- Cushing, J.T. (1992). Historical Contingency and Theory Selection in Science. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, Vol. 1992, Volume One: Contributed Papers*, 446-457.
- Gould, S.J., Eldredge N. (1977). Punctuated Equilibria: The Tempo and Mode of Evolution Reconsidered. *Paleobiology*, 3(2), 114-151.
- Eldredge, N., Gould S.J. (1972). Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism. In Schopf, Thomas J.M. (ed.), *Models in Paleobiology*, San Francisco: Freeman, Cooper and Company, 82-115.
- Huneman P. (2017). Macroevolution and Microevolution: Issues of Time Scale in Evolutionary Biology. In Huneman P., Bouton, C. (ed.), *Time of Nature and the Nature of Time, Boston Studies in the Philosophy and History of Science*, 326, Springer International Publishing, 315-357.
- Gontier, N. (2015). Uniting Micro- with Macroevolution into an Extended Synthesis: Reintegrating Life's Natural History into Evolution Studies. In E. Serrelli and N. Gontier (eds.), *Macroevolution, Interdisciplinary Evolution Research*, 2, Springer International Publishing Switzerland, 227-275.
- Wosniack, M.E., Da Luz, M.G.E., Schulman, L.S. (2017). Punctuated equilibrium as an emergent process and its modified thermodynamic characterization. *Journal of Theoretical Biology*, 412, 113-122.
- Jensen, H.J. (2004). Emergence of species and punctuated equilibrium in the Tangle Nature model of biological evolution. *Physica A*, 340, 697-704.

Website

- Vintiadis, E. (n.d.). Emergence. *Internet Encyclopedia of Philosophy*, ISSN 2161-0002. Retrieved March 15, 2020 from: <https://www.iep.utm.edu/emergenc/>
- Βουγιατζής, Γ., Μελετλίδου, Ε. (2015). *Εισαγωγή στα μη γραμμικά δυναμικά συστήματα*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/1789>

Βιβλία

- Prigogine, I., Stengers. I. (1984). *Order Out of Chaos*. New York: Bantam New Age Books.
- Cushing, J.T. (2003). *Φιλοσοφικές Έννοιες στη Φυσική. Οι ιστορικές σχέσεις μεταξύ φιλοσοφίας και επιστημονικών θεωριών*. Αθήνα: Leader Books.
- Θεοδοσίου, Σ. (2007). *Η εκθρόνιση της γης: η διαπάλη του γεωκεντρικού με το ηλιοκεντρικό σύστημα*. Αθήνα: Διάλογος.
- Jiang, Y. (2019). *Dialectical Logic K-model: A Mathematical Algorithm for Strong Artificial Intelligence*. LAP LAMBERT Academic Publishing
- Jacobsen, A.S. (2012). *Leon Rosenfeld: Physics, Philosophy and Politics in the twentieth century*. Singapore: World Scientific Publishing.
- Seve, L., Guespin-Michel, J. (2005). *Emergence, Complexity and Dialectics*. Paris: Odile Jacob.
- Omelyanovsky, M.E. (1979). *Dialectics in Modern Physics*. Moscow: Progress Publishers.
- Ένγκελς, Φ. (1971). *Ο Λουδοβίκος Φόουερμπαχ και το τέλος της Κλασσικής Γερμανικής Φιλοσοφίας*. Αθήνα: Εκδόσεις Χ.Χαραλαμπίδη.
- Ένγκελς, Φ. (2008). *Η Διαλεκτική της Φύσης*. Αθήνα: Σύγχρονη Εποχή.
- Ένγκελς, Φ. (2006). *Αντί-Ντίρινγκ*. Αθήνα: Σύγχρονη Εποχή.
- Ιλιένκοφ, Ε. (1988). *Η διαλεκτική του Λένιν και η μεταφυσική του θετικισμού*. Αθήνα: Σύγχρονη Εποχή.

- Κωνσταντίνοφ, Φ.Β., Μπερέστενεφ, Β.Φ., Γκλέζερμαν, Γ.Ε., Ντίνρικ, Μ.Α., Καμμάρι, Μ. Ντ., Κουζνετσόφ, Ι.Β., Κόπνιν, Π.Β., Ρόζενταλ, Μ.Μ., Σίσκιν, Α.Φ., Φεντοσέγεφ, Π.Ν., Φράντσεφ Γ.Π. (2010). *Οι βασικές αρχές της Μαρξιστικής Φιλοσοφίας, τέταρτη έκδοση*. Αθήνα: Σύγχρονη Εποχή.
- Λένιν Β.Ι. (2011). *Υλισμός και Εμπειριοκριτικισμός, Λένιν Άπαντα τόμος 18*. Αθήνα: Σύγχρονη Εποχή.
- Strogatz, S.H. (1994). *Nonlinear Dynamics and Chaos*. Reading, Massachusetts: Perseus Books Group.
- Varela, F. J., Thompson, E., Rosch, E. (1993). *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.